This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

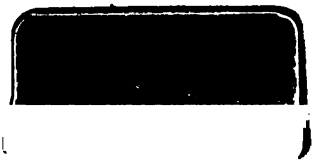
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



# Schöpfungsgeſchichte

mit beſonderer Berückſichtigung

des

## bibliſchen Schöpfungsberichtes

von

**Dr. Friedrich Pfaff,**
außerordentlichem Profeſſor an der Königl. Univerſität zu Erlangen.

Mit zahlreichen Holzſchnitten und einer Karte.

**Frankfurt a. M. und Erlangen.**
Verlag von Heyder & Zimmer.
1855.

188. a. 41.

# Vorrede.

Es iſt in den nachfolgenden Kapiteln der Verſuch gemacht, ſo weit dieß bei dem gegenwärtigen Stande der Naturwiſſenſchaften möglich iſt, die Geſchichte d. h. die Entſtehung und Entwicklung der ganzen ſichtbaren Schöpfung ihren Hauptzügen nach darzuſtellen, alſo die wichtigſten Reſultate der Aſtronomie und Geologie, welche zu dieſem Zwecke dienen, überſichtlich mitzutheilen.

Bei dem überreichen Materiale dieſer beiden Wiſſenſchaften iſt es immerhin nicht leicht, die gehörige Auswahl zu treffen, um ſo mehr, als ein derartiger Verſuch ſehr verſchiedenartige Leſer zu finden erwarten muß. Giebt man zu viel, ſo läuft man Gefahr, dem einen Langeweile, iſt man zu kurz und in Folge deſſen unverſtändlich, ſo riskirt man, dem anderen Aerger zu verurſachen. Beides iſt für den Autor nicht angenehm. Dazu kommt noch, daß man Manches, was noch nicht völlig, und ohne Widerſpruch zu finden, ausgemacht iſt, was man demnach allerdings noch nicht als ein abſolut ſicheres Reſultat anſehen kann, als ein wiſſenſchaftliches Ergebniß aufführt, um nicht zu viel von den zum Theil ſehr unerquicklichen Streitigkeiten innerhalb der Wiſſenſchaft ſelbſt dem

Publikum vorführen zu müſſen, und daß man ſich dadurch noch dem Vorwurfe der Ungenauigkeit oder ſelbſt der Partheilichkeit ausſetzt. Dieſe Schwierigkeiten gelten namentlich in Beziehung auf die Geologie, in der von jeher und noch heute die Partheien ſich am ſchroffſten gegenüberſtanden. In wie weit es dem Verfaſſer geglückt iſt, dieſe Schwierigkeiten zu überwinden, kann er ſelbſt nicht beurtheilen. Doch hat er es ſich angelegen ſein laſſen, derſelben Herr zu werden und namentlich der zuletzt erwähnten, daher auch ſorgfältigſt Sicheres und nur Wahrſcheinliches von einander zu ſcheiden ſich bemüht, und wo es ging, die Mittel und Wege bezeichnet, durch welche man zu den mitgetheilten Reſultaten gelangt iſt, um die Leſer ſelbſt in den Stand zu ſetzen, den Grad ihrer Sicherheit zu bemeſſen.

Von jeher und in der neueſten Zeit wieder in erhöhtem Maaße hat die Schöpfungsgeſchichte dadurch noch ein ganz beſonderes Intereſſe gewonnen, daß außer der Naturwiſſenſchaft auch die Theologie dieſelbe in den Bereich ihrer Forſchungen zu ziehen ſich veranlaßt ſieht und daß ſeit Langem vielfache Discuſſionen zwiſchen den Vertretern beider Wiſſenſchaften Statt gefunden haben. In Anm. 3 zum erſten Kapitel (p. 14) hat ſich der Verfaſſer etwas weitläufiger über dieſen Gegenſtand ausgeſprochen; dort findet man auch die Gründe näher angegeben, die ihn beſtimmten, ſich dahin zu erklären, daß die Endentſcheidung über alle Differenzen zwiſchen Naturforſchern und Theologen, in ſo weit ſie naturhiſtoriſche Gegenſtände betreffen, ganz allein den erſteren zukomme, und daß den letzteren durchaus nicht zugeſtanden werden könne, irgend ein maaßgebendes Urtheil in naturhiſtoriſchen Dingen abzugeben, oder der Naturwiſſenſchaft ein Reſultat vorauszubeſtimmen, zu welchem ſie kommen müſſe.

Wenn er auf dieſe Weiſe ſich gegen alle und jede Eingriffe von Seiten der Theologie in die freie und ſelbſtſtändige Entwicklung der Naturwiſſenſchaften verwahrt, ſo kann er nicht umhin, ſich entſchieden gegen ähnliche Eingriffe von Seiten der Naturforſcher in die Theologie, in die Exegeſe, auszuſprechen.

Es ſteht dem Naturforſcher ſehr ſchlecht an, wenn er ſich auf dieſes Feld begiebt. Wenn er mit Recht behauptet, die Exegeſe müſſe ſich in natürlichen Dingen nach den Reſultaten der Naturwiſſenſchaften richten, ſo muß er hinwiederum auch dem Theologen vollkommen freie Hand laſſen, wie er jene nach dieſen geſtalte, und aus dieſem Grunde ſchon muß jeder ſeine Wiſſenſchaft liebende Naturforſcher es bedauern, wenn ſie in ſo leichtfertiger und unredlicher Weiſe mißbraucht wird, wie neuerdings von C. Vogt, um ſeinem Haſſe gegen die Theologie zu dienen.

In den drei letzten Kapiteln hat der Verf. die Reſultate der Naturforſchung mit dem moſaiſchen Berichte zuſammenzuhalten verſucht und dabei die zwiſchen den Theologen und Naturforſchern Statt findenden Streitpunkte erörtert, ſich aber möglichſt gehütet, in jenen Fehler zu verfallen, und dem Exegeten in das Handwerk zu pfuſchen. Es kam ihm dabei nicht darauf an, ſeine ſubjective Anſicht und das, was er glaubt, vorzuführen, womit keinem Leſer gedient wäre, ſondern möglichſt objectiv dieſe Streitfragen zu unterſuchen, es dem Leſer ſelbſt überlaſſend, ſich eine Meinung und ein Urtheil darüber zu bilden, in wieferne es gerechtfertigt ſei, von Widerſprüchen zwiſchen Naturwiſſenſchaft und Theologie zu ſprechen, und ob es nicht möglich ſei, dieſelben zu löſen. Daß dabei immer ſehr viel auf den guten Willen des Einzelnen ankomme, verſteht ſich von ſelbſt. Wer durchaus nicht zu beſeiti-

gende Widerſprüche finden will, wird ſie immer finden; wer darauf nicht ausgeht, wird ſehen, daß auch in dieſem Falle dieſelben nicht ſo groß ſind, als man gewöhnlich ausgiebt, wenn man an überkommenen irrthümlichen Anſichten nicht allzuſtarr feſthalten will.

Im Uebrigen ſollen die folgenden Blätter für ſich ſelber reden. Möchten ſie dazu beitragen, den alten, von neuem wieder entbrannten Streit zwiſchen Naturforſchern und Theologen zu ſchlichten und einer befriedigenden Löſung näher zu bringen.

**Der Verfaſſer.**

# Inhalts-Uebersicht.


Seite

**Erstes Kapitel.** Einleitung. In wiefern man berechtigt sei, von einer Geschichte der Schöpfung zu sprechen. Quellen für diese Geschichte. Verhältniß der Naturforschung zur Theologie . . . . . 1

**Zweites Kapitel.** Von der Stellung der Erde im Weltsystem. Größe und Gestalt derselben. Bestimmung derselben durch die Gradmessungen, durch Pendelschwingungen, theoretische Berechnung derselben . . . . . 17

**Drittes Kapitel.** Schwere der Erde. Dreifache Art, dieselbe zu finden: 1) Durch Ablenkung des Bleilothes, 2) durch den Einfluß eines Berges auf Pendelschwingungen, 3) durch die sogenannte Drehwage . . . . 38

**Viertes Kapitel.** Temperaturverhältnisse der Erde, 1) der Oberfläche — die Sonne ist die einzige Wärmequelle für diese; 2) der Tiefe — Beobachtungen der Temperaturen in Bergwerken, in Bohrlöchern artesischer Brunnen und an heißen Quellen und Vulkanen . . . . . 47

**Fünftes Kapitel.** Vulkanische Erscheinungen dreierlei Art: 1) Erscheinungen an Vulkanen; 2) Erdbeben; 3) Hebungen und Senkungen von größeren oder kleineren Ländermassen. Nähere Betrachtung der Erscheinungen an Vulkanen . . . . . 65

**Sechstes Kapitel.** Erdbeben. Verschiedene Arten der Erschütterungen. Richtung und Fortpflanzung derselben. Verbreitungsformen. Ausdehnung. Dauer. Wirkungen, modificirt durch die Structurverhältnisse des Bodens; vorübergehende und bleibende. Hebungen und Senkungen des Bodens. Historisch beglaubigte und durch natürliche Zeichen sich kund gebende Veränderungen des Verhältnisses von Land und Meer. Liegt die Ursache im Wasser oder im Land? Zusammenhang der Erdbeben mit Vulkanen 95

**Siebentes Kapitel.** Betrachtung der Oberflächenverhältnisse der Erde. Die Atmosphäre. Das feste Land. Das Meer. Temperaturverhältnisse des letzteren 136

**Achtes Kapitel.** Schlüsse aus den bisher betrachteten Erscheinungen auf den Urzustand der Erde und deren Ausbildung. Streit zwischen den sogenannten Neptunisten und Plutonisten. Widerlegung des Neptunismus 157

**Neuntes Kapitel.** Mittel, die Entfernungen und Größe der Himmelskörper zu berechnen. Scheinbare Bewegungen derselben. Unzulänglichkeit und Unwahrscheinlichkeit der älteren Anschauungsweise über die astronomischen Erscheinungen . . . . . 190

**Zehntes Kapitel.** Das Copernicanische System. Erklärung aller Bewegungserscheinungen am Himmel durch dasselbe . . . . . 203

**Eilftes Kapitel.** Physikalische Beweise für die Achsendrehung der Erde: 1) frei fallende Körper und 2) schwingende Pendel (Foucault'scher Versuch). Beweise für die Bewegung der Erde um die Sonne, hergeleitet aus den Verfinsterungen der Jupiterstrabanten, und der Aberration des Lichtes. Die Keplerischen Gesetze. Begründung derselben durch Entdeckung des Gesetzes der Schwere durch Newton. Anwendung desselben auf die Planetenbahnen. Kometen. Mittel, die Masse der Himmelskörper aus ihrer gegenseitigen Anziehung, den sogenannten „Störungen" zu finden 219

**Zwölftes Kapitel.** Die Fixsterne. Frühere Bestrebungen, deren Parallaxe und Entfernung zu finden. Ihre Vertheilung im Raume. Die Milchstraße, die Nebelflecken und Sternhaufen. Bewegungen der Fixsterne, scheinbare und wirkliche. Mädler's Centralgruppe (Centralsonne) . . 257

**Dreizehntes Kapitel.** La Place's Theorie über die Entstehung unseres Sonnensystems. Sie widerspricht nicht den Gesetzen der Mechanik und nicht denen der Physik. Die Masse unseres Sonnensystemes konnte in gasförmigem Zustande sein; sie reicht hin, um eine Kugel von dem Durchmesser desselben im gasförmigen Zustande zu erfüllen. Erscheinungen, welche dieselbe wahrscheinlich machen . . . . . 294

Seite

**Vierzehntes Kapitel.** Primäre und secundäre Gesteine. Chemische und mineralogische Bestandtheile derselben. Ihre Structur und Formen. Geschichtete und ungeschichtete Gesteine. Betrachtung der Schichtung und der Schichtenstörungen. Art des Auftretens der ungeschichteten oder massigen Gesteine 311

**Fünfzehntes Kapitel.** Schwierigkeit der Eintheilung der Gesteine. Kurze Beschreibung derselben nach Gruppen und Familien . . . . . 353

**Sechzehntes Kapitel.** Die Entstehung der Gesteine; große Schwierigkeit, dieselbe für alle ausfindig zu machen. Entstehung der einzelnen Mineralien. Entstehung der Laven, Basalte, Trachyte, Grünsteine und Porphyre. Können quarzhaltige Gesteine geschmolzen gewesen sein? Einwände gegen die Möglichkeit einer plutonischen Entstehung der Gesteine der Granitfamilie. Doppelte Bildungsweise derselben . . . . . 388

**Siebenzehntes Kapitel.** Die atmosphärischen Niederschläge. Zweierlei Wirkung des Wassers auf die Erdrinde: 1) Mechanisch von Bächen, Flüssen und dem Meere ausgeübt. Deltabildung. Meeresströme. 2) Chemisch, auflösend und zersetzend. Betrachtung der Circulation des Wassers in den Gesteinen. Entstehung der wässerigen Gebilde, der Quarzgesteine, Kalksteine, Dolomite, des Gypses, Steinsalzes, der Thone und Thonschiefer. Die s. g. „metamorphischen Gebilde", Glimmerschiefer, Gneiß ꝛc. Eine metamorphische Bildung dieser, sowie anderer krystallinischer Silicatgesteine ist unwahrscheinlich . . . . . 419

**Achtzehntes Kapitel.** Lehre von den Formationen. Allgemeine Verhältnisse derselben. Wichtigkeit der Versteinerungen. Schlüsse aus denselben. Ueber die Gleichzeitigkeit der Bildung gleiche Versteinerungen einschließender Schichten. Reihenfolge der Formationen. Urformation, ohne Versteinerungen. Allgemeine Verhältnisse der Versteinerungen. Eintheilung des Thier- und Pflanzenreichs . . . . . 469

**Neunzehntes Kapitel.** Paläozoische Formationen. 1) Silurische, 2) devonische, 3) Steinkohlen-, 4) permische Formation. Organisation der Pflanzen- und Thierwelt dieser Gruppe . . . . . 494

**Zwanzigstes Kapitel.** Secundäre Gruppe. Triasformation oder Formation des bunten Sandsteines, Muschelkalkes und Keupers. Juraformation. Kreideformation. Organisation während der Bildung dieser Formationen . . . . . 537

**Einundzwanzigstes Kapitel.** Tertiärgebilde. Nummuliten- und Flyschformation. Aeltere tertiäre Ablagerungen: das Pariser und Londoner Becken. Jüngere tertiäre Bildungen: das Mainzer und Wiener Becken. Molasse und Nagelfluh. Diluvialgebilde. Knochenhöhlen und erratische Erscheinungen . . . . . 572

**Zweiundzwanzigstes Kapitel.** Nachweis einer fortschreitenden Entwicklung in der Geschichte der Erde. Entwicklung in den Verhältnissen des Festlandes zum Meere, in der Atmosphäre, dem Klima. Entwicklung des Pflanzen- und Thierreichs . . . . . 600

**Dreiundzwanzigstes Kapitel.** Vergleichung der Resultate der bisherigen Kapitel mit dem mosaischen Schöpfungsberichte . . . . . 615

**Vierundzwanzigstes Kapitel.** Die Abstammung der Menschheit von einem Paare. Gehören die Menschen zu einer Species? Racenverschiedenheiten. Dieselben widerstreiten nicht der Einheit des Menschengeschlechtes. Von naturhistorischer Seite lassen sich durchaus keine begründeten Einwände gegen dieselbe erheben . . . . . 627

**Fünfundzwanzigstes Kapitel.** Die Sündfluth. Verschiedenheit derselben von dem Diluvium der Geologen. Die angeblich fossilen Menschenknochen. Naturhistorische Bedenken gegen die Allgemeinheit der Sündfluth. Beseitigung derselben, wenn man dieselbe als eine partielle Fluth annimmt. Konnten in der kurzen Zeit, welche seit dem verflossen, alle Menschen der Erde von Einem Paare abstammen? . . . . . 646

# Erstes Kapitel.

## Einleitung.

In wiefern man berechtigt sei, von einer Geschichte der Schöpfung zu sprechen. Quellen für diese Geschichte. Verhältniß der Naturforschung zur Theologie.

Wenn ich eine Geschichte der Schöpfung zu schreiben versprach, so verstand ich darunter die Mittheilung alles desjenigen, was bis jetzt über die Entstehung und Entwicklung der ganzen, uns umgebenden sichtbaren Schöpfung durch naturwissenschaftliche Forschungen ermittelt worden ist.

Die Erwartungen, welche der allerdings viel versprechende Titel vielleicht bei Manchem erregen mag, muß ich jedoch vor Allem bedeutend herabstimmen. Von der ganzen unermeßlichen Schöpfung, wie sie im unendlichen Raume um uns her ausgebreitet ist, von dem zahllosen Heere des Himmels, gegen das die ganze Erde verschwindet wie ein Sonnenstäubchen, wissen wir sehr wenig, fast nichts, wenn wir es vergleichen mit dem, was wir nicht wissen. Wie wir leiblich unzertrennlich an die Erde gebunden sind, so sind wir auch an sie, als an den einzigen sicheren Boden für diejenigen Untersuchungen gebunden, welche die Entstehung der körperlichen Welt nach ihrer materiellen Seite zu erfassen suchen, und wenn wir uns von ihr aus mit unseren Untersuchungen weiter wagen, dürfen wir nie vergessen, daß wir den sicheren Boden verlassen haben. Bei dem spärlichen Lichte, das aus den nächtlichen Gebieten, deren Erhellung sich die Astronomie zur Aufgabe gestellt hat, herüberdringt und uns entgegenkommt, ist doppelte Vorsicht bei dem Fortschreiten nöthig.

Ja wir müssen uns selbst die Frage stellen, ob wir nur berechtigt seien, von einer Geschichte unserer Erde zu sprechen, und

wenn dieſes wirklich nachgewieſen wäre, welche Mittel wir haben, uns eine Kenntniß derſelben zu verſchaffen? Die Beantwortung dieſer Fragen wird uns zugleich ein Mittel an die Hand geben, ein ziemlich allgemein verbreitetes Vorurtheil zu beſeitigen, und uns den Weg bezeichnen, den wir in den folgenden Kapiteln einſchlagen werden.

Wenn wir von einer *Geſchichte* der Erde ſprechen wollen, in dem Sinne, wie man von einem Menſchen oder einem Volke dieſen Ausdruck zu gebrauchen pflegt — ſo müſſen wir vor Allem nachweiſen, daß wirklich *bedeutende Veränderungen mit ihr vorgegangen ſind und noch vorgehen*, daß ſie früher anders war, als ſie jetzt iſt, daß ſie, allmälig und ſtetig ſich verändernd, geworden iſt, wie ſie uns jetzt erſcheint. Der Nachweis ſolcher Veränderungen allein würde aber dazu noch nicht hinreichen, den Ausdruck Geſchichte in jenem Sinne zu rechtfertigen. Es gehört dazu noch, daß wir *eine Abſicht, einen Plan in jenen Veränderungen* nachweiſen, daß wir aufzeigen, wie von Anbeginn der Erde an vermittelſt in ſie gelegter Kräfte Umänderungen mit ihr vorgegangen ſind, die wir als eine Entwicklung, als eine Ausbildung zu immer höherer Vollkommenheit betrachten können, die ihre höchſte Stufe mit dem Erſcheinen des Menſchen auf ihr gefunden hat.

Beides läßt ſich nun für die Erde in vollkommener Weiſe nachweiſen. Es giebt nämlich gar keinen Punkt der Erde, wo der Menſch ſeine Wohnſtätte aufzuſchlagen vermöchte, an welchem nicht ſchon eine etwas genauere Betrachtung hinreichen würde, uns zu überzeugen, daß fortwährend Veränderungen an dem Erdkörper vor ſich gehen. Jeder Gang in's Freie kann uns davon überzeugen. Jedes bewegte oder fließende Waſſer, ſei es in Geſtalt der Welle, die am Ufer nagt, eines Baches oder Fluſſes, der Sand und Steine mit fortrollt, oder nur des Regens, der an Bergen oder Felſen herabrieſelt, führt feſte Beſtandtheile der Erdoberfläche mit ſich fort, theils mechaniſch, ſichtbar, theils chemiſch, unſichtbar, im aufgelöſten Zuſtande ſie wegtragend. Die ſogenannte Deltabildung an den Mündungen der großen Ströme, die Abſätze aus ſogenannten Mineralquellen, z. B. die Karlsbader Sprudelſteine, liefern den Beweis, daß auch in verhältnißmäßig kurzer Zeit dieſe Wirkung nicht unbedeutend ſei. Sie erſcheint uns freilich im Ver-

hältniß zu der ganzen Erdmasse verschwindend klein, aber wir brauchen uns diese Wirkung nur eine lange Reihe von Jahrtausenden anhaltend zu denken, so werden wir zu dem Schlusse kommen, daß sie dann bedeutende Folgen haben muß. Wir erleiden auch in jedem Momente eine Veränderung unseres Körpers; jeder Athemzug, jeder Herzschlag macht uns anders und doch wird diese stetig fortschreitende Umänderung nach Monaten, ja selbst nach Jahren oft kaum bemerklich. Was aber für einen menschlichen Leib Monate und Jahre, das sind für den Erdkörper Jahrhunderte, ja Jahrtausende, und daraus ist es leicht erklärlich, daß ein Menschenleben nicht hinreichend ist, um eine Veränderung der Erde im Großen zu bemerken.

Betrachten wir aber die Erdrinde, so weit sie unseren Blicken offen steht, genauer, so finden wir bald eine Bestätigung des obigen Schlusses. Wir erkennen dann nämlich sehr bald, daß der bei weitem größte Theil unserer Erdrinde nicht nur etwa einmal von Wasser bedeckt gewesen sei, sondern seinen Ursprung dem Wasser verdanke, daß die ganze allmälige Bildung dieser mächtigen Massen unter Wasser vor sich gegangen sei. Wir erkennen dies aus der Art und Weise, wie diese Massen sich übereinander abgelagert, deren Theilchen sich übereinander geschichtet haben, und aus den Resten von Seethieren, welche in ihrer natürlichen Lage und Stellung in denselben eingeschlossen gefunden werden. Es hat also offenbar an diesen Stellen ein Wechsel zwischen Meer und Land in der Art Statt gefunden, daß jetzt Festland ist, was früher Meeresgrund gewesen sein muß. Aber auch schon in früheren Zeiten muß an ein und derselben Stelle ein derartiger Wechsel öfter vorgekommen sein; wir erkennen dies daraus, daß Landpflanzen auf solchen unter Wasser gebildeten Schichten angetroffen werden, wie unsere Wälder jetzt auch auf solchen wachsen, die aber wieder überlagert sind von Gebilden, die abermals als Meeresbildungen sich charakterisiren. So finden sich namentlich in dem Steinkohlengebirge viele Beispiele, wo ein derartiger Wechsel, den wir später ausführlicher betrachten werden, sich vielmals wiederholte.

Es müssen hierbei aber noch andere Kräfte im Spiele gewesen sein, welche diese Erscheinungen hervorbrachten, Meeresgrund zu Land und dieses wieder zu Meeresgrund werden ließen,

wenn dieses wirklich nachgewiesen wäre, welche Mittel wir haben, uns eine Kenntniß derselben zu verschaffen? Die Beantwortung dieser Fragen wird uns zugleich ein Mittel an die Hand geben, ein ziemlich allgemein verbreitetes Vorurtheil zu beseitigen, und uns den Weg bezeichnen, den wir in den folgenden Kapiteln einschlagen werden.

Wenn wir von einer *Geschichte* der Erde sprechen wollen, in dem Sinne, wie man von einem Menschen oder einem Volke diesen Ausdruck zu gebrauchen pflegt — so müssen wir vor Allem nachweisen, daß wirklich *bedeutende Veränderungen mit ihr vorgegangen sind und noch vorgehen*, daß sie früher anders war, als sie jetzt ist, daß sie, allmälig und stetig sich verändernd, geworden ist, wie sie uns jetzt erscheint. Der Nachweis solcher Veränderungen allein würde aber dazu noch nicht hinreichen, den Ausdruck Geschichte in jenem Sinne zu rechtfertigen. Es gehört dazu noch, daß wir *eine Absicht, einen Plan in jenen Veränderungen* nachweisen, daß wir aufzeigen, wie von Anbeginn der Erde an vermittelst in sie gelegter Kräfte Umänderungen mit ihr vorgegangen sind, die wir als eine Entwicklung, als eine Ausbildung zu immer höherer Vollkommenheit betrachten können, die ihre höchste Stufe mit dem Erscheinen des Menschen auf ihr gefunden hat.

Beides läßt sich nun für die Erde in vollkommener Weise nachweisen. Es giebt nämlich gar keinen Punkt der Erde, wo der Mensch seine Wohnstätte aufzuschlagen vermöchte, an welchem nicht schon eine etwas genauere Betrachtung hinreichen würde, uns zu überzeugen, daß fortwährend Veränderungen an dem Erdkörper vor sich gehen. Jeder Gang in's Freie kann uns davon überzeugen. Jedes bewegte oder fließende Wasser, sei es in Gestalt der Welle, die am Ufer nagt, eines Baches oder Flusses, der Sand und Steine mit fortrollt, oder nur des Regens, der an Bergen oder Felsen herabrieselt, führt feste Bestandtheile der Erdoberfläche mit sich fort, theils mechanisch, sichtbar, theils chemisch, unsichtbar, im aufgelösten Zustande sie wegtragend. Die sogenannte Deltabildung an den Mündungen der großen Ströme, die Absätze aus sogenannten Mineralquellen, z. B. die Karlsbader Sprudelsteine, liefern den Beweis, daß auch in verhältnißmäßig kurzer Zeit diese Wirkung nicht unbedeutend sei. Sie erscheint uns freilich im Ver-

hältniß zu der ganzen Erdmasse verschwindend klein, aber wir brauchen uns diese Wirkung nur eine lange Reihe von Jahrtausenden anhaltend zu denken, so werden wir zu dem Schlusse kommen, daß sie dann bedeutende Folgen haben muß. Wir erleiden auch in jedem Momente eine Veränderung unseres Körpers; jeder Athemzug, jeder Herzschlag macht uns anders und doch wird diese stetig fortschreitende Umänderung nach Monaten, ja selbst nach Jahren oft kaum bemerklich. Was aber für einen menschlichen Leib Monate und Jahre, das sind für den Erdkörper Jahrhunderte, ja Jahrtausende, und daraus ist es leicht erklärlich, daß ein Menschenleben nicht hinreichend ist, um eine Veränderung der Erde im Großen zu bemerken.

Betrachten wir aber die Erdrinde, so weit sie unseren Blicken offen steht, genauer, so finden wir bald eine Bestätigung des obigen Schlusses. Wir erkennen dann nämlich sehr bald, daß der bei weitem größte Theil unserer Erdrinde nicht nur etwa einmal von Wasser bedeckt gewesen sei, sondern seinen Ursprung dem Wasser verdanke, daß die ganze allmälige Bildung dieser mächtigen Massen unter Wasser vor sich gegangen sei. Wir erkennen dies aus der Art und Weise, wie diese Massen sich übereinander abgelagert, deren Theilchen sich übereinander geschichtet haben, und aus den Resten von Seethieren, welche in ihrer natürlichen Lage und Stellung in denselben eingeschlossen gefunden werden. Es hat also offenbar an diesen Stellen ein Wechsel zwischen Meer und Land in der Art Statt gefunden, daß jetzt Festland ist, was früher Meeresgrund gewesen sein muß. Aber auch schon in früheren Zeiten muß an ein und derselben Stelle ein derartiger Wechsel öfter vorgekommen sein; wir erkennen dies daraus, daß Landpflanzen auf solchen unter Wasser gebildeten Schichten angetroffen werden, wie unsere Wälder jetzt auch auf solchen wachsen, die aber wieder überlagert sind von Gebilden, die abermals als Meeresbildungen sich charakterisiren. So finden sich namentlich in dem Steinkohlengebirge viele Beispiele, wo ein derartiger Wechsel, den wir später ausführlicher betrachten werden, sich vielmals wiederholte.

Es müssen hierbei aber noch andere Kräfte im Spiele gewesen sein, welche diese Erscheinungen hervorbrachten, Meeresgrund zu Land und dieses wieder zu Meeresgrund werden ließen,

und endlich den Kampf zwischen Land und Meer zur jetzigen Entscheidung brachten.

Ganz unwillkürlich sehen wir uns auf der Erde, wie sie jetzt ist, um nach einer solchen Kraft, nach ähnlichen Erscheinungen, und wir finden sie auch, wenn gleich spärlicher vertheilt, als die Wirkungen des Wassers. Auch jetzt sehen wir an vielen Orten der Erde, daß Theile des Festlandes unter das Meer sinken, Theile des Meeresgrundes dagegen zu Festland werden, ja selbst, daß ein und dieselbe Gegend in historischer Zeit Festland war, dann unter das Meer gesunken ist, und wieder über dasselbe sich erhoben hat. Die schwedische, die italienische Küste liefert hierfür bekannte Beispiele, die wir weiter unten näher kennen lernen werden. Alle diese hierher gehörigen Erscheinungen hat man unter dem Namen der **vulkanischen** zusammengefaßt, weil sie in der That im engsten Zusammenhange mit den in den Vulkanen besonders auffallend hervortretenden Aeußerungen einer Kraft liegen, welche ihnen allen zu Grunde liegt und in dem Inneren der Erde ihren Ursprung hat.

Diese beiden noch jetzt auf der Erde thätigen Kräfte — die des Wassers und die vulkanischen — reichen aber vollkommen hin, um aus ihren bekannten und noch jetzt zu verfolgenden Wirkungen alle Erscheinungen, die wir an der Erde wahrnehmen, alle Veränderungen, die sie erlitten hat, hinreichend zu erklären, und wir brauchen nicht zu der durch nichts zu begründenden Annahme unsere Zuflucht zu nehmen, daß in früheren Epochen der Erde andere Kräfte thätig gewesen seien.

Verfolgen wir nun alle diese Veränderungen zurück, so weit wir können, so würde uns doch damit noch nicht gelingen, jener zweiten Bedingung Genüge zu leisten; wir würden nicht im Stande sein, einen Plan, eine fortschreitende Entwicklung zu erblicken in diesem Wechsel von Meer und Land, in diesen Revolutionen, welche nach einander die Erde betrafen und die auf ihr lebenden Generationen von Pflanzen und Thieren vernichteten, um neue aufkommen zu lassen. Dies können wir erst dann, wenn wir genauer die untergegangenen Organismen betrachten, welche uns als sogenannte Versteinerungen in den Schichten der Erdrinde begraben aufbewahrt sind. Es leisten uns aber diese Versteinerungen einen doppelten Dienst. Sie geben uns nämlich die Mittel an die Hand,

1) die Zeit zu bestimmen, in welcher die Bildung eines bestimmten Theils der Erdrinde Statt fand, und

2) den Zustand, in welchem sich zu jener Zeit die Oberfläche der Erde in Beziehung auf physikalische und klimatische Verhältnisse befand, und lassen uns erkennen, auf welcher Höhe der Entwicklung die zu derselben Zeit vorhandene Pflanzen- und Thierwelt stand.

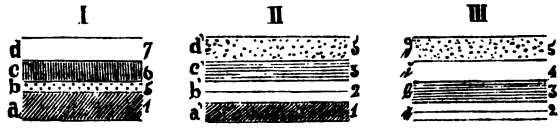
In wiefern sie dieses uns zu lehren im Stande sind, wird folgende Betrachtung zeigen. Es ist offenbar, daß da, wo wir eine Reihenfolge von verschiedenen Schichten über einander antreffen, die sich im Wasser bildeten, diejenige, welche unter einer andern liegt, eher vorhanden gewesen sein muß, als diejenige, welche auf ihr liegt, so daß also an einem jeden Orte die oberste Schichte die jüngste, die unterste, welche wir finden, die älteste sein muß[1]). Fänden wir nun an allen Orten der Erde alle Schichten, die sich je auf derselben bildeten, übereinander gelagert und unsern Blicken ausgesetzt, so wäre es uns sehr leicht, die Altersbestimmung derselben vorzunehmen, und daraus eine Geschichte der Erde herzustellen. Aber so leicht ist es in der Wirklichkeit nicht. Es zeigt nämlich jedes Land seine ganz besondern Verschiedenheiten, und zwar in der Art, daß das eine eine Reihe von Bildungen aufzuweisen hat, die dem anderen fehlen und umgekehrt, daß das eine zu einer Zeit Meeresgrund bildete, während das andere Festland war, und daß in einer andern Gegend dann dieses Verhältniß sich umkehrte, wodurch eben das Fehlen gewisser Bildungen in gewissen Ländern erklärlich wird. Dazu kommt noch, daß die Beschaffenheit der Schichten selbst durchaus keinen Anhaltspunkt an die Hand giebt, um über die Zeit ihrer Bildung einen Aufschluß zu erhalten. Wie jetzt in unseren Meeren an einer Stelle sich Kalkniederschläge bilden, während zu derselben Zeit an anderen Orten sich Lagen von Sand oder Lehm übereinander absetzen, so haben sich auch in früheren Zeiten an verschiedenen Orten gleichzeitig verschiedenartige Schichten gebildet, und wieder gleichartige zu verschiedenen Zeiten.

Man hat schon oft die Schichten, aus denen die Erdrinde zusammengesetzt ist, mit den Blättern eines Buches und die in denselben enthaltenen Versteinerungen mit den Lettern verglichen, aus denen wir den Inhalt des Buches entziffern können, wenn wir die

Sprache, in der es verfaßt ist, verstehen. Wir können bei diesem Bilde bleiben und damit die Verhältnisse sehr anschaulich machen, unter welchen wir die Erde an verschiedenen Orten zusammengesetzt finden, und ebenso die Dienste, welche uns die Versteinerungen leisten. Ich sagte, daß wir nirgends alle Schichten, die sich auf der Erde finden, an einem Orte anträfen, sondern daß an einem Orte diese, an jenem andere fehlten; um im Bilde zu bleiben, wir haben nirgends ein vollständiges Exemplar des Buches der Erde, sondern verstreut über dieselbe eine große Menge von defecten Exemplaren von dem verschiedensten Formate und auf sehr verschiedenem Materiale; nach dem, was eben über die Aufeinanderfolge der Schichten bemerkt wurde, wissen wir nun, daß die Blätter aller dieser defecten Exemplare wenigstens soweit richtig aufeinandergelegt sind, daß nirgends ein früheres Blatt zwischen spätere gekommen ist, daß die Aufeinanderfolge der vorhandenen Blätter eine richtige ist, daß aber in dem einen Exemplar Blätter vorhanden sind, welche in einem anderen fehlen und umgekehrt. Kennen wir nun die Buchstaben der Sprache, in welcher jenes Buch geschrieben ist, können wir also die Worte lesen, auch ohne deren Sinn zu verstehen — so wird es uns, wenn wir uns Mühe geben, wohl gelingen, ein vollkommenes Exemplar jenes Buches nach sorgfältiger Prüfung und Vergleichung aller defecten einzelnen Exemplare zu Stande zu bringen.

Auf diese Weise hat man nun wirklich nach und nach eine vollständige Reihe aller Blätter der Erde hergestellt, indem man sich eben dazu der Versteinerungen bediente, um die an einem Orte vorhandenen verschiedenartigen Schichtenbildungen nach dem idealen vollständigen Buche zu classificiren, und ihr Alter, die Zeit ihrer Bildung im Vergleich mit denen anderer Orte genau zu bestimmen. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß überall auf der ganzen Erde dieselbe Aufeinanderfolge der verschiedenen Thier- und Pflanzenformen Statt gefunden hat; daß nirgends eine andere Ordnung in derselben angetroffen wird, daß wo man von zwei verschiedenen Muscheln a und b z. B. gefunden hat, die eine a liege in Schichten, welche älter als die seien, worin b liege, überall auf der ganzen Erde dasselbe Verhältniß angetroffen wird. Es leuchtet nun von selbst ein, daß man in diesem Beispiele nichts weiter weiß, als das, daß b und die Schichten, worin diese liegen, überall

jünger seien als die, welche die Muschel a enthalten, aber nicht, ob nicht an einem dritten Orte zwischen a und b noch eine große Reihe anderer Gebilde vorhanden sei, und insofern können wir erst dann behaupten, eine vollständige Reihenfolge aller Gebilde, ein vollständiges Exemplar des ganzen Buches zu kennen, wenn wir die ganze Erde untersucht haben und alle einzelnen Orte genau kennen. Die folgende Figur mag es deutlich machen, wie man aus der Compilation der Beobachtungen an verschiedenen Theilen der Erde nach und nach eine solche vollständige Reihe sich zusammengestellt hat.




Es stelle I II III drei solche verschiedene Lokalitäten vor. Wir wissen nun, wenn wir jede für sich betrachten, weiter nichts, als daß a, a', a älter als b, b', b u. s. f. Ohne die Versteinerungen würden wir nun auch kein Mittel haben, um sie mit einander vergleichen zu können; wir wüßten nicht, ob a, a' und a gleichalterig sind oder nicht. Ich setze nun den Fall, ich fände in a, a' dieselben Versteinerungen, ebenso, daß b und d' gleiche enthielte, so wüßte ich aus I und II, daß zwischen a und b in I b' und c' in der Reihe einzuschalten wäre; fänden sich nun noch in a und b', c' und b und in d' und b gleiche, so müßte ich auch noch c in I zwischen a und b einschalten und erhielte also als eine vollständige Reihenfolge aus diesen drei unvollständigen folgende: a, a' – b' a – c' b – c – b d' b – c – d. Die zwölf verschiedenen, oben dargestellten verschiedenartigen Schichtencomplexe gehören also nur sieben verschiedenen Bildungsperioden an, — es sind nur sieben verschiedene Blätter des Buches, die in der Weise, wie es die neben anstehenden Ziffern der Figuren anzeigen, auf einander folgen.

Eine kurze Betrachtung wird aber auch hinreichen, um zu zeigen, wie uns die Versteinerungen erlauben, einen Schluß auf die physikalischen und klimatischen Verhältnisse der Erdoberfläche in den verschiedenen Perioden ihrer Bildung zu ziehen und wie wir eben daraus auch erkennen, daß wirklich eine nach Einem

Plane fortschreitende Entwicklung der Erde und ihrer jeweiligen Bewohner Statt gefunden hat.

Eine genauere Vergleichung der jetzt lebenden Organismen mit den versteinert aufgefundenen früherer Perioden ergiebt nämlich, daß diese alle mit jenen mehr oder weniger verwandt sind. Sie gehören in dieselben Klassen, ja selbst Ordnungen, Familien und theilweise Gattungen, in welche die jetzt lebenden ohne Rücksicht auf jene seit lange eingetheilt worden sind. Es wird nun der Schluß wohl gerechtfertigt sein, daß die Bedingungen, welche jetzt für die Existenz gewisser Pflanzen- und Thierformen unerläßlich sind, dieß auch für ihre Verwandten früherer Epochen gewesen sein müssen. Da jetzt Palmen und baumartige Farren nur in warmen Ländern, Korallen nur in warmen Meeren gedeihen, so werden sie auch früher nur in solchen existirt haben. Gewisse Gattungen von Muscheln und Fischen, die jetzt nur in Süßwasser leben können, werden früher ebenfalls nur in solchen gelebt haben [2]). Auf diese Weise können wir aus gewissen Pflanzen und Thieren eine gewisse Beschaffenheit der klimatischen Verhältnisse der Länder und der Meere folgern, in welchen wir dieselben finden.

Jene genauere Vergleichung der untergegangenen Thierformen mit den jetzigen lehrt aber auch zugleich, daß ein entschiedenes Fortschreiten in der Organisation auf der Erde Statt gefunden hat. Je weiter wir nämlich von der jetzigen Periode zurückgehen, desto mehr schwinden die Formen aus dem Thier- und Pflanzenreich, welche wir als die höher organisirten anerkennen müssen, eine desto geringere Mannigfaltigkeit nehmen wir wahr, auf einer desto niedrigeren Stufe der Ausbildung stehen dieselben. Um nur ein Beispiel anzuführen, so findet sich bei der Abtheilung der Wirbelthiere, daß in den frühesten Zeiten nur die niedrigst organisirte Klasse, die der Fische, repräsentirt war, in einer späteren folgten dann die höher organisirten Amphibien, und in einer verhältnißmäßig sehr späten Zeit erst erscheinen die am höchsten organisirten Säugethiere. Ein ähnliches Fortschreiten läßt sich nicht nur in Beziehung auf die Thier- und Pflanzenklassen, sondern innerhalb derselben wiederum in Beziehung auf die Ordnungen derselben nachweisen, wie dieses später nach Betrachtung der einzelnen Perioden der Erdgeschichte ausführlicher geschehen soll.

Die bisherigen Erörterungen mögen hinreichen, um zu erwei-

sen, daß wir wirklich berechtigt sind, von einer Geschichte der Erde zu sprechen. Sie haben uns zugleich die Mittel kennen gelehrt, welche uns zu dem Behufe einer Herstellung derselben zu Gebote stehen, und den einfachsten Weg gezeigt, um durch die Betrachtung der jetzt vor sich gehenden Veränderungen und der jetzt lebenden organischen Wesen das Buch zu lesen, welches uns die Erde selbst in den Gebirgsschichten über ihre Schicksale aufgezeichnet hat.

Welche Mittel bieten sich uns aber nun dar, um auch nur annäherungsweise etwas über die Geschichte der außerirdischen Schöpfung zu erfahren, welchen Weg haben wir hier einzuschlagen, um auch nur einige Kunde von jenen unzähligen uns umgebenden Welten zu erlangen? Können wir auch für diese Gebilde frühere und spätere Zustände, auch für sie Veränderungen und Entwickelungen nachweisen? Denn auch für sie ist das nöthig, wenn wir von ihrer Geschichte, wenn wir von einer Geschichte der Schöpfung sprechen wollen.

Wir können dieß — allerdings in einem viel beschränkteren Maaße — auf ähnliche Weise, wie für die Erde. Wie uns nämlich verschiedene Gegenden der Erde den Zustand ihrer Oberfläche zu verschiedenen Zeiten erkennen lassen und uns durch Vergleichen und Zusammentragen dieser Theilbilder ein Gesammtbild ihres Aussehens für alle Zeiten zu entwerfen ermöglichen: in ähnlicher Weise sehen wir jetzt in verschiedenen Entfernungen von der Erde die Zustände der Himmelskörper von verschiedenen Zeiten und können daraus ebenfalls — wenn auch nur in sehr allgemeinen Umrissen — durch Zusammenstellung dieser Beobachtungen ein Bild des Ganzen zu allen Zeiten construiren.

Es hat auf den ersten Blick etwas Befremdendes, daß wir zu ein und derselben Zeit an den verschiedenen Himmelskörpern Zustände aus verschiedenen Zeiten wahrnehmen können. Ein sehr einfaches Beispiel wird dieses Befremdende verschwinden lassen. Denken wir uns einen Menschen, der an seinem Geburtstage eine große Anzahl von Photographieen seiner Freunde erhält, die alle mit ihm gleichalterig sind, aber in sehr verschiedenen Entfernungen von ihm wohnen. Wir nehmen an, eine Photographie sei acht Tage unterwegs gewesen, eine andere einen Monat, eine dritte ein Jahr, eine vierte selbst schon vor zehn Jahren abgesandt

worden. Wird das Aussehen des Mannes, der sie erhält, und das der verschiedenen Bilder wohl noch erkennen lassen, daß die Freunde alle in gleichem Alter stehen? Gewiß nicht, im Gegentheil werden die Bilder verschiedene Altersstufen darstellen. Setzen wir nun an die Stelle jenes Menschen unsere Erde, an die jener Freunde die in verschiedenen Entfernungen um uns her zerstreuten Gestirne, so sind die Lichtstrahlen, welche uns diese zusenden, die Photographieen, die uns in dem Maaße verschiedene Altersstufen der Gestirne erkennen lassen werden, als sie mehr oder weniger lange unterwegs waren, um zu uns zu gelangen.

Die Mittel nun, um diese Zeit, die Reisedauer dieser Lichtbilder, zu berechnen, das Datum ihres Abganges zu bestimmen, muß einer späteren Betrachtung vorbehalten bleiben. Es genügt uns, hiemit die Möglichkeit nachgewiesen zu haben, daß wir auch an der übrigen Schöpfung außerhalb der Erde Zustände aus verschiedenen Zeiten erkennen können, und eben dadurch auch Das, daß wir von einer Geschichte derselben wie von einer Geschichte der Erde zu sprechen berechtigt seien. Wie weit nun die Mittel, welche uns die verschiedenen Zweige der Naturwissenschaften darbieten, hinreichen, um diese Möglichkeit zur Wirklichkeit zu machen, das wird sich eben aus den folgenden Kapiteln ergeben.

Es sind jedoch diese natürlichen Hülfsmittel, von denen wir bisher gesprochen haben, nicht die einzigen, welche den Menschen zu Gebote standen, um sich Nachrichten über die Geschichte der Schöpfung zu verschaffen, ja es sind nicht einmal die am längsten benützten. Lange ehe Naturforscher oder Philosophen darüber unbestimmte Vermuthungen aufstellten, waren bestimmte Aussagen über die Entstehung und Entwicklung der sichtbaren Welt gegeben, die Jahrhunderte hindurch das einzige waren, was die Menschen davon wußten. Ich meine die Berichte darüber in der heiligen Schrift, der auch der Ungläubigste wenigstens den Werth einer uralten und merkwürdig bestimmten Tradition in diesem Punkte lassen muß.

Wir haben also zwei Bücher, die beide Nachrichten über denselben Gegenstand enthalten. Das eine, das Buch der Natur, in schwer verständlicher, räthselhafter Sprache geschrieben, hat erst einen kleinen Theil seiner Blätter entrollen und selbst von diesem wieder nur einen geringen Theil mit solcher Sicherheit deuten

laſſen, daß die Wenigen, die ſich mit ſeinen Räthſeln beſchäftigen, alle über die Löſung derſelben einig wären. Das andere, die Bibel, wird von Jedermann geleſen, aber auch ſeine Mittheilungen über dieſen Gegenſtand ſind ſo kurz und dunkel, daß ſie ebenſowenig vollkommen verſtanden und über ihre Erklärung diejenigen, deren Aufgabe es iſt, die Geheimniſſe dieſes Buches zu erforſchen, ebenſowenig einig ſind, wie jene über die Deutung des Buches der Natur.

Es wäre nun allerdings für einen Nichttheologen bequemer, auch brauchte er weniger zu befürchten, vielfachen Anſtoß zu erregen, wenn er bei einer Geſchichte der Schöpfung nur auf das erſtere Rückſicht nähme, einfach mittheilte, was die Naturforſchung bisher über dieſelbe ſicheres ermittelt hat, und es dem Leſer überließe, dieſe Reſultate ſich ſelbſt zuſammenzureimen mit den Nachrichten, welche über denſelben Gegenſtand in dem anderen Buche enthalten ſind.

Ich bezweifle jedoch, ob damit der Mehrzahl meiner Leſer viel gedient wäre, und glaube, daß ein großer Theil derſelben ſich in ihren Erwartungen getäuſcht finden würde. Würde man nämlich nur vom Standpunkte des Naturforſchers aus, mit vollkommenem Ignoriren der Berichte der heiligen Schrift darüber, eine Darſtellung der Schöpfungsgeſchichte liefern, ſo würden eine Menge von Fragen gar nicht zur Erörterung kommen, die gerade für Einen, der jene Berichte früher und länger kennt, von beſonderer Wichtigkeit ſind. Das Alter der Sonne und des Mondes in Vergleich mit dem der Erde, die Sündfluth, die Abſtammung der Menſchen von einem Paare, die Tagewerke — ſind ſolche Gegenſtände, welche in einem allgemeinen Gemälde der Schöpfung der Naturforſcher entweder gar nicht, oder nicht mit der Wichtigkeit behandelt hätte, welche ſie jetzt durch die Darſtellung der Geneſis erhalten haben. Es werden eben durch ſie an den Naturforſcher ganz beſtimmte Fragen geſtellt, die er ſich ſelbſt vielleicht lange nicht geſtellt hätte, und auf die er, ſo mangelhaft ſie auch ausfallen mögen, Antworten zu geben ſich nicht weigern ſoll.

Es führt uns dieſe Verſchiedenheit der beiden Berichte ſogleich zu einer Bemerkung, die, ſo oft es auch ſchon geſchehen ſein mag, nicht oft und nicht nachdrücklich genug ausgeſprochen werden kann, und die wir bei der Beurtheilung derſelben nie aus dem

Auge verlieren dürfen. Die Bibel will und soll kein Handbuch der Astronomie oder Geologie sein; was sie lehren will, sind ganz andere, als naturhistorische Kenntnisse. Wenn sie daher Gegenstände aus diesem Gebiete mittheilt, so thut sie es nur soweit, als es zu ihrem Zwecke nöthig ist. Sie hat andre Absichten, faßt daher die Thatsachen von einem anderen Gesichtspunkte aus auf, und darnach muß und wird auch die Darstellung eine andre sein.

Man hat nun freilich oft behauptet, daß es sich nicht nur um solche, durch die verschiedene Auffassungsweise und verschiedene Absicht erklärliche Verschiedenheiten der Darstellung handele, sondern daß wirkliche, unvereinbare Widersprüche zwischen den Resultaten der Naturforschung und der biblischen Anschauungsweise über die Schöpfungsgeschichte vorhanden seien, eine Behauptung, die durch den seit Jahrhunderten zwischen Naturforschern und Theologen bestehenden Streit an Wahrscheinlichkeit gewinnt.

Es zeigt dieser Streit wenigstens das, daß es an Differenzen über viele Punkte zwischen den Vertretern jener beiden Wissenschaften nie gefehlt habe und nicht fehlt. Sind es nun subjective Meinungsverschiedenheiten zwischen Naturforschern und Theologen oder objective Widersprüche zwischen Naturforschung und Theologie?

Die Beantwortung dieser Frage muß eigentlich ganz allein dem Theologen überlassen bleiben; der Naturforscher kann diesem nur das Material dazu liefern. Es kommt dabei vor Allem auf die Auslegung der Bibel an, in die sich der Naturforscher nicht einlassen soll, weil sie nicht seine Sache ist, außerdem aber darauf, wie weit man die Grenze ziehen will, welche jene oben bezeichneten beiden Begriffe „aus verschiedener Absicht erklärliche Verschiedenheit der Darstellung" und „wirklicher Widerspruch" scheidet. Auch dieses muß billig dem Theologen überlassen werden, er allein kann darüber entscheiden, wie weit und wo er diese Grenze setzen will. Der Naturforscher muß ihm darin vollkommen freie Hand lassen.

Ebensowenig kann und soll aber der Theologe dem Naturforscher Grenzen innerhalb seiner Wissenschaft setzen oder gar in rein naturwissenschaftlichen Fragen ein entscheidendes Urtheil fällen wollen [3]). Eben dadurch ist dieser Streit so lange geworden, daß die Naturforscher eine Stimme abgegeben und Parthei ergriffen haben in Fragen, die lediglich in das Gebiet der Theologie und Bibelexegese gehören und umgekehrt wieder die Theologen ebenso

in rein naturhiſtoriſchen. Die Mißverſtändniſſe und Mißhelligkeiten haben ſich dadurch nur vermehrt und geſteigert und von einem Aufgeben der gegenſeitigen Anfeindungen iſt man dadurch nur immer weiter abgekommen.

Von einer definitiven Entſcheidung über alle die verſchiedenen Differenzpunkte kann auch jetzt, bei dem gegenwärtigen Maaße der Kenntniſſe in den Naturwiſſenſchaften, wohl kaum die Rede ſein; jeder Ausſpruch, der bisher als Endurtheil von einer oder der andern Seite gethan wurde, hat immer noch Unzufriedene gefunden und eine fernere Appellation hervorgerufen; wie bei jedem Streite giebt es auch in dieſem noch dazu Viele, die die Beendigung deſſelben und eine Ausgleichung gar nicht wünſchen.

Die lange Dauer des Streites hat wenigſtens das Gute gehabt, daß die Frageſtellung über die verſchiedenen Differenzpunkte ſich vereinfacht hat und immer klarer und beſtimmter geworden iſt.

Auf alle dieſe beſtimmter geſtellten Fragen möglichſt beſtimmte Antworten vom rein naturhiſtoriſchen Standpunkte aus zu geben, iſt eine der hauptſächlichſten Abſichten des Verfaſſers. Er will den Leſer in den Stand ſetzen, ſich ein ſelbſtſtändiges Urtheil über die obſchwebenden Differenzen zu bilden und zu dieſem Behufe ihm ſoviel Material an die Hand geben, als eben die Naturforſchung bis jetzt dazu liefern kann.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum ersten Kapitel.

[1]) zu S. 5. Dieser Satz erleidet jedoch hie und da eine Ausnahme, indem an einzelnen Stellen der Erde durch *später* eingetretene Veränderungen die *ursprüngliche* natürliche Reihenfolge der Schichten gestört oder selbst umgekehrt erscheint. Wir werden später diese leicht zu erkennenden Ausnahmen näher beleuchten, wenn wir von den Schichtenstörungen im Allgemeinen zu sprechen haben.

[2]) zu S. 8. Während uns die Lebensbedingungen und die Verbreitungsbezirke der Landpflanzen und Landthiere wohl bekannt sind, haben wir über die der Meeresbewohner erst wenige sichere Nachrichten. Gerade für die Geologie sind aber die Meerthiere bei weitem am wichtigsten, indem die Reste von landbewohnenden Organismen der Menge ihres Vorkommens nach gegen die Meeresbewohner fast verschwinden.

Mit der Zunahme unserer Kenntnisse über die Lebensweise, die Lebensbedingungen und die Verbreitungsart jetzt lebender Seethiere wird auch unsere Kenntniß über den Zustand der Erde in früheren Epochen genauer und sicherer werden. Erst in den neueren Zeiten sind derartige umfassendere Untersuchungen angestellt worden und auch diese haben schon großen Gewinn für die Geologie gebracht. Wir können daraus nicht nur Schlüsse über die Wärme, sondern auch über die Tiefe, den Salzgehalt, das Vorhandensein von Inseln oder Festland in der Nähe gewisser Thierformen ziehen. Wir werden später einige derartige Beispiele näher erläutern.

[3]) zu S. 12. Wenn man den gegenwärtigen Stand des Verhältnisses zwischen Naturforschern und Theologen unbefangen betrachtet, so wird man nicht umhin können, es als ein nicht natürliches, sondern gespanntes anzusehen, wenigstens ist es kein solches, wie es zwischen zwei gleichberechtigten, auf gleicher Stufe stehenden Wissenschaften sein sollte. Der Theologe ist nur zu leicht geneigt, den Naturforscher mit Mißtrauen und Furcht als einen schädlichen und gefährlichen Feind anzusehen; der Naturforscher dagegen den Theologen mit Geringschätzung, als einen einseitigen, gegen die Resultate seiner Wissenschaft sich abschließenden Verächter derselben.

Wir verkennen durchaus nicht die schwierige Stellung, in der sich der Theologe dem Naturforscher gegenüber befindet und entschuldigen damit das viele Unrecht, das namentlich in früheren Zeiten der Naturforschung von Seite der Theologie zugefügt worden ist.

Viele naturhistorische Fragen hängen nämlich so genau mit dogmatischen zusammen, daß auch, ehe noch die Naturforschung darüber sichere und bestimmte Aufschlüsse geben konnte, nach den Andeutungen der Bibel darüber von Seite der Theologie eine bestimmte Ansicht als biblisch aufgestellt wurde, mit der dann freilich oft die später aufgefundenen Resultate der Naturforscher nicht recht übereinstimmen wollten. So kam es denn sehr bald zu einem heftigen Streite zwischen Naturforschern und Theologen, der bis auf den heutigen Tag noch fortgeht, obwohl gegenwärtig die Lage der Dinge, der Stand der beiden Partheien zu einander ein ganz anderer geworden ist, als er früher war.

Wir haben schon im Texte erwähnt, daß wir es mit zwei Urkunden zu thun haben, welche beide über dieselben Gegenstände Nachrichten enthalten, Bibel und Buch der Natur. In welchem Verhältnisse stehen nun diese beiden zu einander? Von der Beantwortung dieser Frage hängt auch die Frage ab, welche von beiden eigentlich maßgebend für die Entscheidung dieses Streites sei?

Erwähnt wurde ebenfalls schon, daß die Bibel nicht die Absicht habe, naturhistorische Kenntnisse zu verbreiten, und nur nebenbei, zu einem ganz anderen Zwecke, naturhistorische Gegenstände berühre. Es kommt ihr nur darauf an, mit wenigen kurzen Zügen im Allgemeinen ein Bild von der Entstehung der sichtbaren Welt zu liefern, und nicht auf eine Ausführung der einzelnen Theile.

Liefert nun die Bibel so zu sagen ein *Résumé* über die Vorgänge bei der Schöpfung, so sind uns in der Natur *die Acten* über jene Vorgänge selbst

in größter Ausführlichkeit aufbewahrt, deren Studium es eben dem Naturforscher möglich macht, ein mit der wachsenden Einsicht in dieselben immer genaueres und ausführlicheres Bild aller auf einander folgenden Stufen und Vorfälle der Entwicklungsgeschichte des Weltalls zu liefern.

Beruft sich der Theologe in dem Streite dem Naturforscher gegenüber darauf, daß die Bibel Gottes Wort sei, so kann ihm der Naturforscher darauf erwiedern, und kein Theologe wird dagegen etwas einwenden können, daß die Natur Gottes Werk sei, beide Urkunden demnach von demselben Verfasser seien.

Der ganze Streit kommt nun darauf hinaus, wo klarere, bestimmtere, ausführlichere Angaben enthalten seien, und wer seine Angaben besser verstehe, richtiger auslege. Ueber den ersten Punkt wird wohl kein Streit mehr entstehen können; daß in den Acten, d. h. in der Natur, klarere, bestimmtere, ausführlichere Angaben enthalten sind, als in dem Résumé über diese Acten, wird Jeder zugestehen müssen. Letzteres ist kurz, ein für alle Mal unverändert, ohne Erweiterungen gegeben; jene mehren und häufen sich fast täglich und werden täglich gründlicher und genauer erforscht und bekannt.

Es handelt sich also nur noch um den zweiten Punkt, wer die Mittheilungen seines Buches über diese Streitpunkte richtiger ausgelegt, weniger hineingelegt und besser verstanden habe, der Theologe oder der Naturforscher? Daß in dieser Beziehung auf beiden Seiten viel gefehlt worden ist, dafür liefert die Geschichte der Naturwissenschaften schon mannigfache Beweise; wir werden im Verlaufe noch manche derselben zu besprechen Gelegenheit haben.

Eine definitive Antwort über diesen Punkt zu geben, ist erst möglich, wenn alle diejenigen Fragen durch naturhistorische Forschungen beantwortet sein werden, über welche jetzt noch von Seite der Naturforscher selbst die Untersuchungen nicht beendet sind. Bis dahin wird jedes Urtheil partheiisch erscheinen können.

Aber auch über diese noch unerledigten Punkte muß sich die Endentscheidung die Naturwissenschaft vorbehalten, ihre Aufgabe ist es ja, die Acten einzusehen, und erst nach Einsicht der Acten kann ein gültiges, richtiges Urtheil gefällt werden.

Wenn wir daher als maßgebend über die Entscheidung aller Differenzen zwischen Theologen und Naturforschern ganz allein die Resultate einer wahrhaft wissenschaftlichen Naturforschung anerkennen, so sprechen wir damit eine Theorie aus, gegen die von Seite der Theologen wohl vielfacher Widerspruch erhoben werden wird, wie ihr auch in früheren Zeiten schon widersprochen worden ist. Nichtsdestoweniger müssen wir sie aber als die einzig richtige hinstellen, wie sie auch trotz allen Widerspruchs doch in der Praxis stets Anerkennung selbst von ihren Widersachern gefunden hat, und immer finden wird.

Ich berufe mich dabei einfach auf die Geschichte der Naturwissenschaften, und wähle hier einige Beispiele aus vielen aus: Als das Copernicanische System aufkam, wurde es, als der Bibel widersprechend, lange und heftig angefeindet. Welcher Theologe glaubt heutzutage, daß die Bibel verlange, dasselbe zu verwerfen? Gegenwärtig zweifelt auch der Orthodoxeste nicht mehr daran, daß die Versteinerungen von wirklichen Thieren und Pflanzen herrühren und lange vor der Sündfluth in den Schichten, in welchen wir sie jetzt eingeschlossen finden, begraben worden seien. Es hat aber einen dreihundertjährigen Kampf von Seite der Naturforscher gekostet, ehe von Seite der Theologen der hartnäckige Widerstand gegen jene Lehre, die man für unvereinbar mit dem, was in der Bibel steht, hielt, aufgegeben wurde. Wenige Theologen werden noch geneigt sein, darauf zu bestehen, daß die ganze Entstehung und Ausbildung der Welt in sechs Tagen, von vierundzwanzig Stunden Dauer, vor sich gegangen sei; auch dieses Resultat der Naturforschung, daß die Uranfänge der Erde ein viel höheres Alter als 6000 Jahre haben, ist erst nach langen Kämpfen und kaum jetzt zur allgemeinen Anerkennung gebracht worden. Man könnte noch mehr derartige Beispiele anführen und im weiteren Verlaufe werden wir noch mehrere derartige Fälle kennen lernen.

Sie liefern alle den Beweis für die Bestätigung jener Theorie durch die

Praxis, daß sich die biblische Exegese in naturhistorischen Fragen nach den Resultaten der Naturforschung richten müsse, daß diese allein dem Theologen die Mittel zu einer richtigen Bibelauslegung in diesen Fragen geben könne.

Man hört nun freilich oft theils als Vorwurf, theils als Klage von Seite der Theologen den Ausspruch: Ja, wenn man nur wissen könnte, was eigentlich als sicheres Resultat der Naturforschung angenommen werden könne? Eine allgemeine Uebereinstimmung sei ja über die wenigsten Punkte bei den Naturforschern zu finden und gerade über die Streitfragen zwischen Theologen und Naturforschern am seltensten. Woran solle man sich da halten?

Daran ist allerdings viel Richtiges, aber deswegen ist die Schwierigkeit, sich ein richtiges Urtheil zu bilden, doch nicht so groß, als sie oft angesehen wird, und jene Klage rührt vielleicht ebenso oft von Bequemlichkeit als von Aengstlichkeit her. Es ist freilich bequemer, das oft mühevolle Suchen sich zu ersparen, weil man die Wahrheit doch nicht finden könne, als wirklich gewissenhaft sich darnach umzusehen.

Ein wissenschaftlicher Streit ist für den Unpartheiischen lange spruchreif und entschieden, ehe aller Widerspruch dagegen verstummt ist, und es stünde sehr schlimm um jede Wissenschaft, wenn sie nicht etwas als Resultat aussprechen und ein außerhalb derselben Stehender es annehmen dürfte, als bis aller und jeder Widerspruch dagegen aufgehört hat.

So lange freilich nicht nur die Zahl der Stimmen, sondern auch das Gewicht der Gründe über eine Streitfrage sich das Gleichgewicht halten, ist es allerdings nicht wohl möglich, von einem Resultate in dieser Beziehung zu sprechen; in einem solchen Falle hat Jeder die Freiheit, sein Urtheil in suspenso zu lassen, oder sich auf die eine oder die andere Seite zu schlagen. Man kann aber von Jedem, der Parthei ergreifen will, verlangen, daß er sich über den Stand der Angelegenheit und die Gründe für und wider unterrichte. In einem wissenschaftlichen Streite ist dies vollends unerläßlich. In Beziehung auf naturhistorische Gegenstände ist es noch dazu in der jetzigen Zeit gar nicht so schwer, sich über den jeweiligen Stand der Wissenschaft zu unterrichten. Freilich darf man dabei nicht auf Autoritäten und Schriften sich beschränken, die vor 20 oder 30 Jahren erschienen sind, weil diese gerade einer überlieferten und lieb gewordenen Ansicht das Wort reden, wie dieses noch heutzutage häufig von Theologen geschieht, ohne dabei zu berücksichtigen, was seit jener Zeit gegen und über jene Angaben hinausgehend erschienen ist.

Die folgenden Kapitel sollen deshalb nicht nur die Resultate der Naturwissenschaft nach ihrem jetzigen Standpunkte mittheilen, sondern zugleich auch dem Leser zeigen, wie man zu denselben gelangt ist, um ihn dadurch in den Stand zu setzen, zu prüfen, welchen Grad der Sicherheit und Zuverlässigkeit jene zu beanspruchen haben.

# Zweites Kapitel.

Von der Stellung der Erde im Weltſyſtem. Größe und Geſtalt derſelben. Beſtimmung derſelben durch die Gradmeſſungen, durch Pendelſchwingungen, theoretiſche Berechnung derſelben.

Von allen Wiſſenſchaften iſt die Aſtronomie wohl die älteſte; ſo alt, als das Menſchengeſchlecht ſelbſt, das ſchon vermöge ſeiner aufrechten Stellung naturgemäß zur Betrachtung des Himmels aufgefordert und angewieſen iſt.

Ein unergründliches Gewölbe, überſäet mit einem zahlloſen Heere ſtrahlender und ſchimmernder Gebilde, an dem die Sonne als großes Licht des Tages, der Mond als kleineres der Nacht angeheftet erſcheinen, regelmäßig ſich umwälzend um die im Mittelpunkte ſich befindende ruhende Erde — ſo erſcheint es uns heute noch, wie es den erſten Menſchen ſchon erſchien. So überwältigend iſt dieſer Schein, daß es Jahrtauſende hindurch fortgeſetzter Beobachtungen brauchte, um zum erſten Male den Verdacht zu erregen, daß dieſe ganze Anſchauung wirklich nur Schein ſei, nichts wahr daran, als eben nur das Vorhandenſein dieſer leuchtenden Körper. Hauptſächlich dadurch, daß man nach und nach Mittel fand, die Größe der Erde und die Entfernungen und Größe eines Theiles der Himmelskörper zu meſſen, kam man darauf, die Unwahrſcheinlichkeit der älteren Theorie und Vorſtellung, nach welcher die Erde den Mittelpunkt des ganzen Weltalls bildet, um den ſich alle andern Himmelsgebilde bewegen, auszuſprechen. — Dieſe Größenverhältniſſe, zuſammengehalten mit der durch genauere Beobachtungen des Laufes der verſchiedenartigen Himmelskörper ſich immer mehr ſteigernden Schwierigkeit ſie zu erklären, waren es, welche zunächſt dem neueren Syſteme des Kopernicus, als

einem einfacheren und faßlicheren, Eingang verſchafften. Wir gehen daher am einfachſten davon aus, die Geſtalt, Größe und Entfernung der Erde von den verſchiedenen uns am nächſten liegenden Gebilden im Raume zu betrachten.

Schon Pythagoras ſchrieb der Erde eine Kugelgeſtalt, wie man ſie an andern Himmelskörpern wahrnehmen kann, zu, und wenn auch hier und da ſpätere Philoſophen, wie Plato, wieder davon abwichen, ſo wurde doch von Eudorus und Ariſtoteles die Richtigkeit dieſer Annahme durch ſo überzeugende Gründe dargethan, daß ſie von dieſer Zeit an als herrſchende Anſicht angenommen wurde [1]). Bald darauf fallen ſchon die erſten Verſuche, die Größe dieſer Kugel zu meſſen (von Eratoſthenes, geb. 276 v. Chr.). Dieſe Meſſungen hat man mit immer größerer Genauigkeit bis in die neueſten Zeiten fortgeſetzt und mit dem Namen der „Gradmeſſungen" bezeichnet.

Dieſelben beruhen alle auf dem Satze, daß ſich der Umfang (alſo auch der Durchmeſſer und die Größe) einer Kugel berechnen läßt, wenn man

1) weiß, der wievielſte Theil eines größten Kreiſes *) der Kugel ein beſtimmtes Stück und

2) wie groß — nach Fußen oder Meilen — dieſes Stück des größten Kreiſes iſt.

Da nun jeder Kreis in 360 Grade eingetheilt wird, ſo hat man dieſe Meſſungen der Erdkugel „Gradmeſſungen" genannt, weil man eben zunächſt einen oder mehrere Grade eines Erdmeridianes auszumeſſen ſuchte. Die erſte jener zwei Vorausſetzungen findet man durch aſtronomiſche Beobachtungen, die zweite durch genaues Ausmeſſen des Stückes, von dem man durch jene erfahren hat, der wievielſte Theil eines Erdmeridianes es ſei.

Es ſei M ein Meridian der Erde, in der Richtung s ein beliebiger Fixſtern, der ſo weit von der Erde entfernt iſt, daß alle Strahlen deſſelben parallel auf die Erde kommen, d. h. daß der Winkel, den die Linien a s und b s' mit einander machen, ganz unmeßbar klein iſt. Ein Beobachter in a ſieht nun dieſen

*) Unter einem größten Kreis einer Kugel verſteht man jeden, deſſen Mittelpunkt mit dem der Kugel zuſammenfällt, durch den eine Kugel in zwei Hälften abgetheilt wird. Die Meridiankreiſe der Erde ſind ſolche größte Kreiſe der Erdkugel.

Stern gerade senkrecht über sich, ein Beobachter in b sieht ihn zu derselben Zeit um den Winkel s' b z näher gegen den Horizont von der senkrechten Stellung abweichend. Es ist aber, da die Linien s a und s' b einander parallel sind, der Winkel z C a = z b s'. Finde ich nun, daß der Winkel z b s' = 22½ Grad ist, also gleich dem sechszehnten Theile des Kreises, so weiß ich auch, daß der Bogen a b der sechszehnte Theil des Meridianes M ist. Mißt man nun die Länge dieses Bogens a b, so braucht man dieses Maaß nur mit 16 zu multipliciren, um die Größe des ganzen Meridianes zu erhalten.

Man sieht leicht ein, daß man bei dieser Art ohne die größte Genauigkeit bedeutende Irrthümer nicht vermeiden kann, indem sowohl bei der Messung der Winkel bei a und b, als auch bei der Messung der Länge des Bogens a b, die auf der unebenen Erde so genau nicht vollzogen werden kann, Fehler entstehen, die für den ganzen Meridian um so größer werden, je kleiner der Bogen a b ist [2]). Ist dieser z. B. ¼ des Kreises, so vervierfacht sich der Fehler für den ganzen Kreis. Ist aber der Bogen nur ein Grad, so vervielfältigt sich der Fehler um das 360fache.

Nachdem schon in sehr frühen Zeiten derartige Messungen vorgenommen worden waren, wurden sie besonders zu Anfang des 17. Jahrhunderts in verschiedenen Ländern angestellt [3]). Die Angaben dieser verschiedenen Gradmessungen wichen aber so bedeutend von einander ab, daß es ebensowohl für die Wissenschaft als auch für die Schifffahrt höchst wünschenswerth erschien, zuverlässigere Messungen vorzunehmen. Nach Snellius, einem holländischen Mathematiker, betrug nämlich die Länge eines (1615 zu Leyden gemessenen) Meridiangrades 55021 Toisen, nach Riccioli dagegen 62650 Toisen, eine Differenz, welche für einen Grad etwas mehr als 2 geogr. Meilen und für den ganzen Meridian ungefähr 800 geogr. Meilen ausmacht. Auf Veranlassung der französischen Academie unternahm nun Picard (1669—1670) eine sehr sorgfältige Messung des Meridianbogens zwischen Amiens und Malvoisine und fand die Länge desselben zu 57060 Toisen. Bis zu dieser Messung hatte man als ausgemacht angenommen,

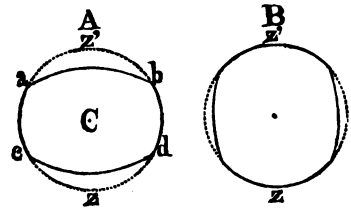
daß die Erde eine Kugel sei, deren Größe man dadurch kennen lernen wollte. In Folge einiger Beobachtungen über die Schwingungen eines Pendels unter verschiedenen Breitegraden zu jener Zeit kam man zum ersten Male darauf, die Richtigkeit dieser Annahme in Zweifel zu ziehen. Von nun an sollten die Gradmessungen nicht nur die Größe, sondern die eigentliche, wahre Gestalt der Erde kennen lehren.

Man hatte nämlich beobachtet, daß ein Pendel, welches in Nordfrankreich Schwingungen von der Dauer einer Secunde machte, in Südfrankreich, wenn man es nicht verkürzte, langsamer hin und her ging, daß also die Fallgeschwindigkeit, d. h. die Anziehungskraft der Erde, von der die Schwingungen des Pendels abhängig sind, geringer ward in südlicheren Breiten. Die Richtigkeit dieser Beobachtungen bestätigte sich, als Richer im Auftrage der französischen Academie 1672 in Cayenne Versuche mit einem Pendel anstellte. Er fand, daß ein Pendel, welches in Paris Secunden durch seine Schwingungen anzeigte, um $^5/_4$ Linien kürzer gemacht werden mußte, damit es in Cayenne noch als Secundenpendel diente.

Newton und Huyghens suchten diese Erscheinung auf eine Weise zu erklären, die wir etwas später näher betrachten werden, nämlich aus der mit der Annäherung von den Polen zu dem Aequator steigenden Centrifugalkraft oder Fliehkraft und der dadurch verringerten Anziehungskraft der Erde. Sie kamen dadurch zugleich beide auf den Schluß, daß die Erde nicht eine Kugel sein könne, sondern, daß sie an den Polen abgeplattet sein müsse.

Auf den Vorschlag Picard's wurde nun eine sehr ausgedehnte Gradmessung durch ganz Frankreich hindurch vorgenommen, an der die berühmtesten Mathematiker und Physiker, die beiden Cassini, de la Hire, Maraldi, von 1680–1718 Theil nahmen.

In wiefern aber eine Gradmessung über diese Frage entscheiden konnte, mag folgende Betrachtung lehren. Man erinnere sich, daß ein Grad nichts Anderes heißt, als der 360ste Theil von irgend einem Kreise. Wäre die Erde eine vollkommene Kugel, so müßten alle Grade eines Meridianes gleich sein. Es sei nun aber die Erde abgeplattet, so daß



ſie eine Form ähnlich a b c d habe, ſo gehört offenbar der Bogen a b zu einem größeren Kreiſe, deſſen Centrum in z iſt, deſſen Halbmeſſer z a, während der Bogen c a und a z' b einem Kreiſe angehören, deſſen Centrum C, deſſen Halbmeſſer a C iſt. Es muß daher auch der 360ſte Theil, d. h. ein Grad, des einem größeren Kreiſe angehörigen Bogens a b eine größere Länge haben, als derſelbe Theil von dem kleineren Kreiſe c a z' b z. Findet nun dieſe Abplattung an den Polen Statt, ſo müſſen dort die Grade größer ſein, findet ſie ſich am Aequator (Fig. B.), ſo würden dort die Grade länger ſein müſſen. Die Abplattung findet in der Wirklichkeit aber allmälig Statt, nicht wie es auf dieſer Figur gezeichnet iſt, die nur dazu dienen ſoll, zu zeigen, wie man aus der geringeren oder größeren Länge zweier verſchiedener Grade eine Abplattung entnehmen kann.

Dieſe Gradmeſſungen ergaben nun allerdings eine Ungleichheit in der Länge der Grade, aber gerade umgekehrt von der, welche Newton und Huyghens vorausbeſtimmt hatten. Die Grade zeigten ſich nämlich größer gegen den Aequator und kleiner nach den Polen zu, d. h. die Geſtalt der Erde war nicht ähnlich Fig. A, ſondern Fig. B, wo z z die Achſe der Erde bezeichnet. Durch dieſes ſo ungünſtige Reſultat ließen ſich jedoch jene beiden berühmten Phyſiker nicht in ihrer Annahme irre machen. Sie machten auf die Möglichkeit vielfacher Fehler in jenen Meſſungen aufmerkſam und machten den allerdings ſehr triftigen Einwand, daß unter den mittleren Breitegraden, die Frankreich einſchlöſſen, und bei der geringen Differenz, welche in Frankreich auch zwiſchen den nördlichſten und ſüdlichſten Graden nur vorhanden ſein könne, vergleichende Meſſungen in dieſem Lande allein nicht maaßgebend ſein können, daß nur durch Meſſungen von Graden ſehr nahe am Aequator und ſehr nahe an den Polen die Frage mit einiger Sicherheit entſchieden werden könne.

Wer nun in dieſem Falle Recht habe, Newton, geſtützt auf ſeine Theorie, oder die franzöſiſchen Phyſiker mit ihrer Meſſung, darüber entſtand ein, durch die Nationaleiferſucht der beiden ſtreitenden Partheien nur noch heftiger gemachter, faſt zwanzig Jahre dauernder Streit.

Endlich entſchloß ſich die franzöſiſche Regierung, dem Vorſchlage Newton's gemäß, an zwei, unter ſehr verſchiedenen Breite-

graden liegenden Orten von Neuem Gradmessungen vornehmen zu lassen. Bouguer und Condamine begaben sich zu diesem Behufe 1735 nach Peru, Maupertuis und Clairaut, denen sich der berühmte schwedische Physiker Celsius anschloß, 1736 nach Lappland.

Diese beiden Messungen sprachen nun auf das Allerentschiedenste für die Theorie Newton's. Es ergab nämlich die peruanische Messung als Länge eines Grades unter dem Aequator 56753 Toisen, die lappländische unter dem Polarkreis 57437 Toisen. Es fand sich also eine Differenz von 684 Toisen, die jedoch durch eine wiederholte Messung des lappländischen Grades von 1801—1803 und spätere Correctionen auch für die peruanische auf 477,58 Toisen reducirt worden ist.

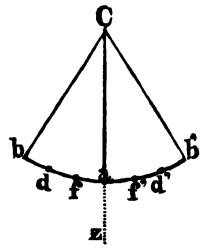
Seit jener Zeit wurden nun noch in den verschiedensten Gegenden der Erde Gradmessungen vorgenommen. Alle bewiesen die Richtigkeit der Newton'schen Theorie, daß die Erde an den Polen abgeplattet sei, wenn schon über die Größe der Abplattung nach den bisherigen Gradmessungen kein absolut genaues Resultat gefunden werden kann, indem sich dieselbe nach den einzelnen Messungen etwas verschieden darstellt[4]).

Der berühmte preußische Astronom Bessel hat die mühevolle Arbeit unternommen, aus zehn der zuverlässigsten Gradmessungen durch Combination das wahrscheinlichste Resultat zu finden. Nach ihm ist nun

| | | |
|---|---|---|
| der Aequatorialhalbmesser . . . | 3,272077 | Toisen, |
| der Polarhalbmesser . . . . . | 3,261139 | „ |
| ein Grad unter 45° Breite . . | 57012,5 | „ |
| ein Grad des Aequators . . . | 57108,5 | „ |
| Größe der Abplattung . . . . | $\frac{1}{299,1528}$ | „ |
| Länge einer geogr. Meile . . . | 22843,4 | Par. Fuß. |
| Größe der Erdachse in runden Zahlen | 1713 | geogr. M. |
| Größe des Aequatorialhalbmessers . . | 1716 | „ |

Wir haben aber noch ein anderes Mittel, uns über die eigentliche Gestalt der Erde Aufschluß zu verschaffen, unabhängig von den Gradmessungen, nämlich durch Vergleichung der Schwingungen eines und desselben Pendels unter verschiedenen Breitegraden. Es wird unsere nächste Aufgabe sein, die Möglichkeit darzuthun, auf diese Weise uns über die Gestalt der Erde zu unter-

richten. Wir haben S. 20 mitgetheilt, wie Newton und Huyghens durch eine Mittheilung Picard's über Pendelschwingungen dazu kamen, noch ehe man durch Messungen dazu veranlaßt war, die Erde für abgeplattet zu erklären. Wir gehen zunächst zu der Betrachtung und Erklärung der Erscheinungen an dem Pendel selbst über.




Wenn man ein Gewicht a an einen in C befestigten Faden hängt, so haben wir ein Pendel, das in senkrechter Lage in a in Ruhe bleiben wird. Bringen wir dasselbe nach b und lassen es dann los, so wird es in der Linie b a nach a zurückfallen, über a hinaus nach b' gehen, dort umkehren, wieder gegen b hin schwingen und erst nach oft wiederholten Schwingungen endlich in a zur Ruhe kommen.

Machen wir den Faden kürzer, so bemerken wir, daß die Schwingungen schneller vor sich gehen, machen wir ihn länger, daß sie langsamer auf einander folgen. Haben wir eine genaue Uhr, so können wir auch noch bemerken, daß die Schwingungen eines und desselben Pendels immer von gleicher Dauer sind, wenn wir nämlich das Gewicht a nicht allzuweit aus der senkrechten Lage gebracht haben, der Bogen b b' nicht sehr groß ist; d. h. vergeht genau eine Secunde, bis das Pendel von b nach b' geht und wieder zurück, so braucht es auch zu allen folgenden, dem Raume nach kleineren Hin- und Hergängen, wenn es z. B. nur noch von d nach d' oder von f nach f' hin- und zurückschwingt, ebenfalls genau eine Secunde.

Diese Schwingungen rühren von der Anziehungskraft, „Centripetalkraft", der Erde her. Jeder Körper auf der Erde hat nämlich in Folge derselben ein Bestreben, sich dem Mittelpunkte der Anziehungskraft, d. h. dem Mittelpunkte der Erde, möglichst zu nähern. Bei einem Körper, den wir in den Händen haben und los lassen, geht dieses rasch von Statten, der Körper fällt zur Erde, wie das Gewicht a fallen würde, wenn wir den Faden abschnitten. Bringen wir daher das Gewicht a nach b, und lassen es hier los, so strebt es ebenfalls dem Mittelpunkte der Erde, der in der Richtung C a z liegt, zu, und da es der Faden am Fallen

hindert, so schwingt es nach a zu, von wo es aber in Folge der erhaltenen Bewegung nach b' zu eilt. Erst dann kommt es zur Ruhe in a, wenn die fortdauernde Anziehungskraft der Erde, unterstützt durch den fortdauernden Widerstand der Luft, die das Pendel beim Schwingen vor sich wegtreiben muß, endlich über die Schwungkraft, die es auf der Bogenlinie b b' hin- und hertreibt, Herr geworden ist.

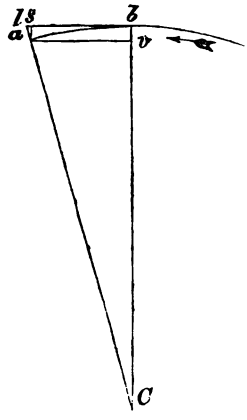
Die Schnelligkeit, mit der ein Körper fällt oder ein Pendel schwingt, giebt uns ein Maaß für die Größe der Beides bedingenden Anziehungskraft. Wird dieselbe größer, so wird ein Körper stärker angezogen, daher schneller fallen, wird sie geringer, so wird derselbe Körper schwächer angezogen, d. h. langsamer fallen. Ebenso wird im ersteren Falle ein und dasselbe Pendel schneller, im zweiten langsamer schwingen müssen. Umgekehrt dürfen wir aus dem schnelleren oder langsameren Fallen eines Körpers oder Schwingen eines Pendels den Schluß ziehen, daß die Anziehungskraft, welche auf dieselben wirkt, vermehrt oder vermindert ist.

Die Untersuchungen über die Pendelschwingungen zeigten nun auf das allerentschiedenste, daß ein Pendel, welches z. B. in Paris Schwingungen von einer Secunde machte — ein sogenanntes Secundenpendel — weiter nach Süden gebracht, länger zu einer Schwingung brauchte, und dagegen mehr nach Norden geführt, kürzere Schwingungen vollführte. Wollte man, daß es doch noch ein Secundenpendel blieb, so mußte man es kürzer machen, wenn man sich nach Süden, länger dagegen, wenn man sich nach Norden begab.

Man schloß aus diesen Beobachtungen ganz mit Recht, daß die Anziehungskraft der Erde vom Aequator gegen die Pole hin zunehme, unter dem Aequator am geringsten, an den Polen am stärksten sein müsse. Woher kommt nun diese Verringerung? Wie hängt mit derselben die Abplattung der Erde zusammen? Was die Verringerung betrifft, so kann hier zweierlei möglich sein und, wie wir bald sehen werden, wirken in der That auch diese zwei Momente zur Verminderung der Anziehungskraft der Erde zusammen. Einmal kann die Anziehungskraft der Erde selbst in ihrer Einwirkung auf den derselben unterworfenen Körper kleiner werden, z. B. wenn sich dieser von dem Centrum derselben ent-

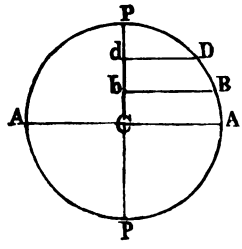
fernt, oder auch, es wirkt noch eine andere Kraft auf den Körper, welche den Wirkungen der Anziehungskraft entgegengeſetzt iſt.

Dieſes letztere Moment war es nun zunächſt, was Newton und Huyghens in's Auge faßten, weßhalb wir auch zunächſt dieſes betrachten wollen.




Wenn wir einen an einer Schnur in c befeſtigten Körper b a im Kreiſe um dieſelbe bewegen, ſo erhält derſelbe durch dieſe Bewegung ein Beſtreben, ſich von c zu entfernen. Riſſe der Faden, z. B. wenn ſich der Körper gerade bei b befindet, ſo würde er in der auf b c ſenkrechten Richtung b l („in der Richtung der Tangente") davonfliegen. Je ſchneller wir drehen, deſto größer wird auch dieſes Beſtreben des Körpers, ſich vom Centrum zu entfernen, die ſogenannte Centrifugalkraft, der Faden wird wirklich reißen, wenn dieſelbe ſo groß geworden iſt, daß die Kraft, welche den Faden zuſammenhält, nicht mehr hinreicht, ihr das Gleichgewicht zu halten. Denken wir uns nun, es ſei c b der Halbmeſſer der Erde, a b ein Theil des Aequators, ſo wird ein Körper b in Folge der Achſendrehung der Erde ebenfalls das Beſtreben erhalten, nach l hinauszufliegen und ſich von dem Centrum der Erde zu entfernen. Offenbar wird dadurch nun der Anziehungskraft der Erde entgegengewirkt, ein Theil derſelben aufgehoben, ihre Geſammtwirkung alſo vermindert.

Die Größe der Centrifugalkraft hängt, wie wir ſahen, ab von der Schnelligkeit, mit der ſich ein Körper in einer Kreislinie bewegt. Da nun dieſe Schnelligkeit für die verſchiedenen Gegenden der Erdoberfläche ungleich iſt, ſo folgt daraus auch, daß die Centrifugalkraft eine ungleiche ſein muß, daß alſo auch die Anziehungskraft der Erde, ſomit die Fallgeſchwindigkeit eines Körpers und die Schwingungen eines Pendels, eine ungleiche Verminderung erleiden muß. Wir wiſſen nämlich, daß jeder Punkt der Erdoberfläche in 24 Stunden einmal einen Kreis um die Erdachſe beſchreibt. In demſelben Maaße nun, als die Entfernung von der Erdachſe P P abnimmt, verringert ſich die Größe dieſes Kreiſes, ſomit die



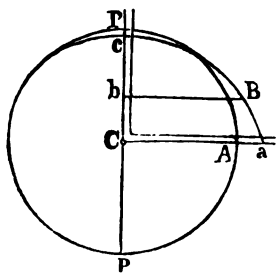

Schnelligkeit der in ſolchen Kreiſen gelegenen Punkten. Während ein Punkt des Aequators A in 24 Stunden einen Kreis von dem Halbmeſſer C A durchläuft, beſchreibt ein in B gelegener einen von dem Halbmeſſer b B, ein Punkt D nur einen von dem Halbmeſſer d D, während die Endpunkte der Achſe ſelbſt, die Pole, unbeweglich ſich verhalten. Die Centrifugalkraft der verſchiedenen Punkte ſteht demnach in genauem Verhältniſſe zu dem Umfange des Kreiſes, den ſie beſchreiben und da die Umfänge verſchiedener Kreiſe ſich verhalten, wie ihre Halbmeſſer, ſo verhält ſich die Centrifugalkraft an den Punkten D, B, A zu einander, wie die Linien d D : b B : C A.

Man ſieht daraus, wie und in welchem Verhältniſſe die Centrifugalkraft von den Polen gegen den Aequator hin zunimmt und in Folge deſſen alſo auch die Anziehungskraft der Erde verringert erſcheint, indem ſie einen immer größeren Abzug durch die größer werdende Centrifugalkraft erleidet.

Daraus wird ſich nun Jedermann die berührten Erſcheinungen an einem Pendel erklären können.

Welchen Einfluß dieſes aber auf die Geſtaltung der Erde hatte, wird folgende Betrachtung klar machen.

Wenn wir irgend einen flüſſigen — alſo in ſeinen kleinſten Theilchen beweglichen Körper — ruhig ſich ſelbſt überlaſſen, ſo ordnen ſich alle Theilchen deſſelben in Folge der jedem inwohnenden allgemeinen Anziehungskraft ſo an, daß ſie ſich alle gegenſeitig das Gleichgewicht halten, was nur bei einer Kugelform möglich iſt. Jeder Thautropfen auf einem Blatte, jeder auf eine fettige Fläche geſpritzte kleine Waſſertropfen kann uns davon überzeugen. War die Erde nun Anfangs eine homogene, flüſſige Maſſe, was Newton und Huyghens vorausſetzten, ſo mußte ſie eine Kugelform annehmen, ſo lange ſie keine Bewegung um ihre Achſe hatte. So wie aber eine Rotation eintrat, ſo konnte ſich die Kugelgeſtalt nicht mehr erhalten, das Gleichgewicht in derſelben wurde geſtört und in Folge deſſen mußten ſich die Theilchen anders anordnen [5]). In welcher Weiſe, das wollen wir zur größeren Deutlichkeit nur an einem Theil dieſer Maſſe betrachten.



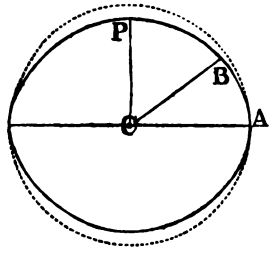

Es sei P P die Erdachse, C A ein Halbmesser der Erde vom Centrum an den Aequator. Wir denken uns nun in dieser flüssigen Erdmasse einen Theil um die Erdachse P C, einen andern C A um jenen Halbmesser in einer Röhre P C A eingeschlossen. Offenbar wird nun, wenn sich die Erde nicht bewegt, die Flüssigkeit in dem Theil der Röhre P C gerade so schwer sein, wie die in der Röhre A C, beide Flüssigkeitssäulen werden gleich lang sein müssen; der Aequatorialhalbmesser C A gerade so lang, als der Polarhalbmesser, die halbe Achse C P. Nun denken wir uns die Masse um C P rotirend. Es ist offenbar, daß die Flüssigkeit, welche in der Richtung der Achse C P liegt, an der durch eine Rotation erzeugten Bewegung nicht Theil nimmt, während die Theilchen in der Röhre C A eine immer schnellere Bewegung, eine um so größere Centrifugalkraft erlangen, je weiter sie von C entfernt sind. Während also in einer rotirenden Kugel die Theilchen um die Achse keine Verringerung der Anziehungskraft, d. h. ihrer Schwere, erfahren, wird für die außerhalb derselben gelegenen durch die Centrifugalkraft die Anziehungskraft theilweise aufgehoben und vermindert, sie werden also weniger stark angezogen, erscheinen dadurch leichter. Der Erfolg der Rotation ist also der, daß die Flüssigkeitssäule A C leichter erscheint, als die in C P. Bei gleicher Länge würden daher die Flüssigkeitssäulen sich nicht mehr im Gleichgewicht halten können, das in Folge der durch die Rotation verringerten Schwere von A C gestörte Gleichgewicht stellt sich dadurch wieder her, daß die Flüssigkeitssäule in A C länger wird, etwa bis A a und in C P kürzer, etwa um P c. Bei B, wo die Centrifugalkraft geringer ist, wird auch ein geringerer Längenüberschuß der Säule b B der von P b das Gleichgewicht halten; die Folge davon ist, daß der Aequatorialhalbmesser länger wird als der Polardurchmesser, daß die Kugel als eine an den Polen abgeplattete, an dem Aequator aufgetriebene erscheint, von der Form P B a. Die Größe der Centrifugalkraft unter dem Aequator hatte man auf eine in den Erläuterungen zu diesem Kapitel erörterte Weise zu $^1/_{289}$ der Schwerkraft gefunden[6]). Was nun die Größe der Abplattung betrifft, so kommen bei

deren Berechnung eine Menge von Umständen in Betracht, deren Beachtung die Ausführung derselben zu einer äußerst schwierigen machen. Huyghens, der einen Theil derselben nicht mit in Rechnung zog, auch manche, wie wir jetzt wissen, irrige Voraussetzungen machte, z. B. daß die Erdmasse anfangs eine homogene gewesen sei, fand, daß sie 1/578 betragen müsse, d. h. daß der Aequatorialhalbmesser zu der halben Erdachse im Verhältniß von 578:577 stehe. Newton hatte durch eine andere Berechnungsart einen mehr als doppelt so großen Werth gefunden, nämlich 1/230. In späteren Zeiten haben die größten Mathematiker und Physiker stets von Neuem unter Voraussetzungen, welche der Wirklichkeit immer mehr entsprachen, sie zu berechnen unternommen. La Place fand dieselbe als 1/305. Die genaueste hat noch später Ivory angestellt und dieselbe zu 1/289, also gerade so groß gefunden, wie das Verhältniß der Centrifugalkraft zur Schwerkraft unter dem Aequator[7]). Diese Berechnungen nannte man „den theoretischen Beweis für die Abplattung."

Die Abnahme der Schnelligkeit der Schwingungen ein und desselben Pendels von den Polen gegen den Aequator zu hatte Newton und Huyghens darauf geführt, theoretisch die Nothwendigkeit einer Abplattung an den Polen zu erweisen. Sie hatten zugleich die Größe dieser Abplattung ebenso theoretisch zu berechnen gesucht, Bestrebungen, die auch ferner fortgesetzt, zu immer genaueren Resultaten führten. Man fand aber auch bald, daß man an dem Pendel sogar ein Mittel habe, um in der Wirklichkeit die Größe dieser Abweichung von der Kugelgestalt zu finden. In wiefern dies möglich sei, wird Folgendes deutlich machen.

Denken wir uns die Erde als eine vollkommene rotirende Kugel, so wird in Folge der Rotation, wie wir sahen, eine der Schwerkraft entgegenwirkende Kraft, die sogenannte Centrifugalkraft, erzeugt, welche die Pendelschwingungen, wie das Fallen der Körper vom Pol an gegen den Aequator langsamer macht. Da wir nun von jedem Punkte der Erdoberfläche die Schnelligkeit, mit welcher er rotirt, genau kennen, so können wir auch daraus nach dem in den Erläuterungen zu diesem Kapitel entwickelten Sätzen eben so genau die Größe dieser Centrifugalkraft im Verhältniß zur Schwerkraft berechnen, also im Voraus berechnen, um wie viel sich die Schnelligkeit der Schwingungen vermindern wird, um wie viel ein

Pendel kürzer gemacht werden muß, damit es vom Pol bis zum Aequator ein Secundenpendel bleibe. Führt man diese Rechnung durch, und vergleicht sie mit den unmittelbaren Beobachtungen an Pendeln, so findet man, daß diese mit der Rechnung nicht übereinstimmen; man findet, daß man das Secundenpendel überall zwischen dem Pol und Aequator noch kürzer machen muß, als es unter der alleinigen Voraussetzung, daß die Erde eine rotirende Kugel sei, nöthig gefunden wurde. Es kann also diese Voraussetzung nicht richtig, die Erde keine Kugel sein; es muß noch ein anderes, die Schwingungen verlangsamendes Moment, außer der Centrifugalkraft, vorhanden sein. Dieses Moment beruht eben in der Abweichung der Erde von der Kugelgestalt.




Nach einem allgemein gültigen Gesetze nimmt nämlich die Schwerkraft, d. h. die Anziehungskraft, mit der Entfernung von dem Mittelpunkte des anziehenden Körpers ab [8]). Ist die Erde nun an den Polen abgeplattet, so ist B C größer als C P, A C größer als B C, d. h. die Entfernung von dem Mittelpunkte der Erde wird immer größer, je mehr man sich dem Aequator nähert, folglich nimmt auch die Anziehungskraft der Erde von den Polen gegen den Aequator hin ab.

Hat man nun berechnet, um wie viel die Pendelschwingungen an einem Orte durch die Centrifugalkraft allein verlangsamt werden, und beobachtet nun an diesem Orte, daß dieselben noch außerdem eine weitere Verlangsamung erleiden, so kann man, wenn diese genau beobachtet ist, daraus berechnen, um wie viel man sich von dem Centrum der Erde entfernt hat, d. h. also, um wie viel größer an diesem Orte der Halbmesser der Erde sei, als an einem anderen, mit dem man ihn vergleichen will [9]). Diese Pendelbeobachtungen sind nun in außerordentlicher Menge angestellt worden. Sie stimmen auf eine überraschende Weise mit der theoretisch berechneten Abplattung überein, indem die genauesten und ausgedehntesten dieselbe zwischen $^1/_{286{,}3}$ und $^1/_{289{,}5}$ angeben. Aus der Combination der Gradmessungen hatte Bessel die Abplattung zu $^1/_{299{,}15}$ gefunden; die theoretische Berechnung nach Ivory hatte sie zu $^1/_{289}$ und die Pendelbeobachtungen also auch zu C $^1/_{289}$ ge-

funden. Endlich hat sie noch La Place aus Ungleichheiten des Mondslaufes zu 1/289 berechnet [10]).

Diese merkwürdige Uebereinstimmung in den auf vier so verschiedenartigen Weisen gefundenen Resultaten berechtigt zu dem Schlusse, daß diese Angabe wohl sehr wenig von der Wahrheit abweichen könne [11]). Wir können daher die Erde mit Recht als ein Sphäroid ansehen, dessen Dimensionen die angegebenen sind, und können dieses als die ideale oder mathematische Form der Erde annehmen, von der die wirkliche häufige locale Abweichungen zeigt, die sich bald als Einbiegungen, bald als Auftreibungen bei Zugrundelegung jener idealen Form herausstellen mögen, deren Größe jedoch im Verhältniß zu den Dimensionen des ganzen Sphäroides nur höchst unbedeutend erscheinen, und wohl erst nach dem Festwerden der Erdrinde entstanden sind [12]). Die wahre, wirkliche Gestalt der Erde werden wir erst dann sicher kennen, wenn wir über alle Punkte der Erde genaue Höhenangaben und zugleich genaue Messungen aller Grade haben, da uns nur diese über die Form der Krümmung der Erdoberfläche Aufschluß zu geben im Stande sind, was wegen der geringen Wichtigkeit, die eine derartige genaue Kenntniß der wahren Gestalt der Erde hat, wohl nie der Fall sein wird.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum zweiten Kapitel.

[1]) zu S. 18. Es mögen hier kurz die schon den Alten bekannten Beweise für die Kugelgestalt der Erde erwähnt werden.

1) Steht man auf einer weiten Ebene, z. B. am Meeresufer, so sieht man von Gegenständen, die unserem Auge näher kommen, sei es, daß sie sich uns nähern, wie ein dahersegelndes Schiff, oder wir uns ihnen, wie einem Berge oder einem Thurme, zuerst nur die obersten Theile, und erst nach und nach die weiter unten gelegenen. Wäre das Meer wirklich ganz horizontal, so würden wir, so weit das Auge reicht, stets das Schiff ganz sehen.

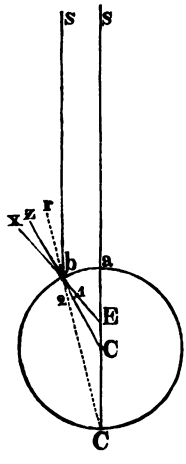
2) Wir wissen, daß die Sonne immer später aufgeht, wenn wir von östlicheren Gegenden nach westlicheren gehen. Wäre die Erde ganz oder theilweise horizontal, so müßte an allen auf einer solchen horizontalen Ebene gelegenen Punkten die Sonne gleichzeitig gesehen werden.

3) Der Schatten der Erde, der bei Mondsfinsternissen auf dem Monde sich zeigt, erscheint immer rund, die Erde mag gegen den Mond stehen, wie sich's eben trifft. Nur eine Kugel kann unter allen Stellungen gegen das Licht immer einen runden Schatten werfen.

4) An jedem, nicht durch Unebenheiten der Erdoberfläche eingeschränkten Punkte derselben erscheint der Horizont als ein Kreis, der um so größer wird, je höher wir uns über die Ebene erheben. Auch dies ist nur möglich, wenn die Erde eine Kugel ist.

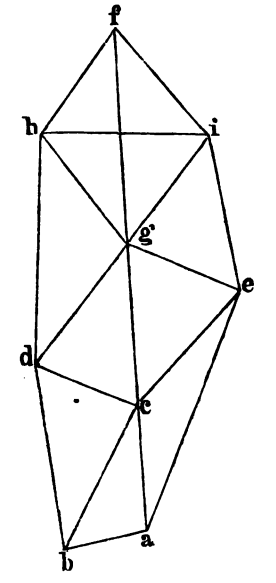
Die noch öfter als Beweis für die Kugelgestalt der Erde angeführte Umschiffbarkeit derselben beweist nichts. Die Erde wäre umschiffbar bei jeglicher Form, ebenso gut wenn sie eine dünne Scheibe, oder ein Würfel wäre, wie bei jeder andern beliebigen Form auch.

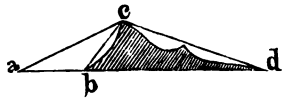
[2]) zu S. 19. Diese doppelte Fehlerquelle — auch abgesehen von allen übrigen mehr zufälligen — ist nie, bei keiner derartigen Messung, ganz zu vermeiden. Die daraus entspringenden *wirklichen* Fehler lassen sich aber mit der Vervollkommnung der Instrumente und durch die Genauigkeit und Vorsicht des Beobachters immer mehr verkleinern. Was nun die Fehler bei dem ersten Theil der Gradmessung, der astronomischen Bestimmung der Größe des Bogens, betrifft, so setzt man dabei voraus, daß das Bleiloth, welches uns allein über die senkrechte Stellung eines Gegenstandes und über die Größe der Abweichung von derselben belehren kann, auch wirklich überall senkrecht, d. h. nach dem Mittelpunkte der Erde gerichtet sei. Es seien z. B. s s' Strahlen eines Sternes, die parallel auf die Erde gelangen. Durch irgend einen Umstand wird nun das Bleiloth des Fernrohres an b, welches den Stern beobachtet, so abgelenkt, daß es nicht genau senkrecht hängt, nicht gegen das Erdcentrum C, sondern nach 1 gegen E hinzeigt. Was wird nun die Folge sein? Der Bogen wird sich der Messung nach größer zeigen, als er wirklich ist, d. h. die Erde wird sich als eine Kugel von dem Halbmesser E b dieser Berechnung nach ergeben, während sie in der Wirklichkeit den Halbmesser b C hat. Der Beobachter in b wird um den Winkel x b z zu groß den Bogen a b angeben, als Winkel x E s, zu groß um denselben Winkel, um den sein Bleiloth aus der wahren senkrechten Stellung abgelenkt ist. Wird das Bleiloth dagegen nach 2 hin abgelenkt, so glaubt der Beobachter nur um den Winkel r b s' = r C s von a entfernt zu sein. In diesem Falle hält er die Erde für eine Kugel von dem Durchmesser C b. Derartige Ablenkungen kommen in der That wirklich vor, wie wir noch näher betrachten werden, und sind theilweise weder zu vermeiden, noch zu be-



messen, so daß eben erst durch Vergleichung der Resultate aus Messungen an verschiedenen Orten, wo eine Ablenkung bald nach der einen, bald nach der andern Seite hin Statt finden mag und dadurch die Fehler sich wieder ausgleichen, ein richtiges Resultat gefunden werden konnte.

Bei dem zweiten Theile der Gradmessung sind nun ebenfalls wieder mancherlei Fehlerquellen möglich, wenn man nämlich die Länge des Bogens a b in Toisen oder Meilen ausmißt. Nirgends ist nämlich die Erde so eben, daß man unmittelbar auf ihr mit einer Meßkette die Länge ausmessen kann und auch dabei wird man kleine Fehler nicht vermeiden können; wo Berge, Wälder, Flüsse u. s. w. vorhanden sind, wendet man daher ein anderes Verfahren, das s. g. Messen mittelst der Triangulation, an. Es beruht dieses darauf, daß man die Seiten eines Dreieckes ganz genau berechnen kann, wenn man nur die Größe einer Seite wirklich kennt und dazu die Winkel des Dreieckes nach Graden, Minuten ꝛc. Mittelst dieser Rechnungsart ist es nun möglich, daß wenn man nur eine einzige Linie, die s. g. Basis, eines einzigen solchen Dreiecks genau gemessen hat, an allen übrigen nur wieder Winkelmessungen vorgenommen zu werden brauchen, um auch die Seiten dieser berechnen zu können. Diese eine zu messende Linie, die Basis, kann man sich nun beliebig auswählen, und thut dies so, daß man sie möglichst genau und gut messen kann. Es sei z. B. a f ein Theil eines Meridianes *), der durch Unebenheiten, Wälder u. s. f. sich nicht zu einer genauen directen Messung eignet. Man zertheilt nun die Gegend um jenen Meridian in beliebige Dreiecke, die man dadurch bildet, daß man die Spitzen derselben an besonders hervorragende und weithin erkenntliche zugängliche Punkte, von denen man gut nach verschiedenen anderen, ebenso gelegenen sehen kann, sich gelegt denkt und von diesen aus nun die folgenden Messungen vornimmt. Von a nach b sei eine sehr ebene Gegend. Man mißt nun möglichst genau die Basis a b ihrer Länge nach, dann von b aus den Winkel, den die Linie b c und b d mit a b machen; ebenso von a aus den Winkel b a c und c a e. Daraus kann man nun genau auch die Länge der Linien b c und a c berechnen, so daß man von nun an für alle übrigen Dreiecke nur Winkel zu messen hat, indem immer wenigstens eine Seite aus früheren Berechnungen her bekannt ist. Sind nämlich die Seiten des Dreieckes a b c berechnet, so haben wir daraus b c als Seite des Dreieckes b c d und a c als Seite des Dreieckes a c e; das nun zu berechnende Dreieck b c d hat die Seite c d mit dem Dreiecke c d g gemeinschaftlich, aus dem wir dann das Stück c g des Meridianes finden können u. s. f. Ganz dasselbe Verfahren dient aber auch dazu, um Stücke des Meridianes zu berechnen, über denen allenfalls Berge sich befinden. Es sei a b unsere Basis, a d ein Theil unseres Meridianes. Hat man a b gemessen, ebenso den Winkel von a c mit a b und b c mit a b, so kann man daraus die Linie b c berechnen, mißt man nun den Winkel von c d mit a d, so kann man, da man




*) An allen Punkten eines Meridianes erreicht die Sonne Mittags genau zu derselben Zeit ihren höchsten täglichen Stand. Darnach bestimmt man die Richtung eines Meridianes. a c g k müssen alle zu derselben Zeit Mittag haben, wenn sie auf einem Meridian liegen.

auch den Winkel c b d kennt, wiederum das Dreieck b c d und somit die Länge von b d berechnen.

Man sieht daraus, daß Alles von der Genauigkeit abhängt, mit der man die Basis mißt und von der Sicherheit, die man in Beziehung auf das Maaß der Winkel erreichen kann. Da diese letztere durch die Schärfe unserer Instrumente eine ganz außerordentliche geworden ist, so verdienen diese Messungen das größte Zutrauen, und es ist daher nicht zu erwarten, daß in späteren Zeiten irgendwie erhebliche Correctionen an den weiter unten angegebenen Größenbestimmungen der Erddimensionen nach Bessel je vorgenommen werden.

3) zu S. 19. Die ältesten Gradmessungen sind außer der erwähnten von Eratosthenes die von Posidonius 200 Jahre später vorgenommene, und eine unter dem Nachfolger Harun Alraschid's, Al Maimon, in der Wüste Sinjar am arabischen Meerbusen angestellte. Die Hülfsmittel, über welche man in jenen Zeiten gebieten konnte, waren so unzureichend, daß natürlich die größten Fehler nicht zu vermeiden waren. Eratosthenes maß den Meridian zwischen Alexandria und Syene, die er als auf einem Meridiane liegend annahm, was aber nicht der Fall ist. Die Entfernung schätzte er nur nach der Zeit, die man auf dem Wege brauchte. Er fand als Länge eines Grades 694 Stadien.

Posidonius maß den Meridian zwischen Rhodus und Alexandria, die aber ebenfalls nicht auf einem Längengrade liegen. Auch er berechnete die Länge nach der Zeit, die man von Rhodus nach Alexandria zu fahren brauchte. Nach seiner Messung liegen diese Orte $7^1/_2{}^0$ von einander entfernt, während sie nur $5^1/_4{}^0$ auseinander liegen. Er fand 666 Stadien als Länge eines Grades, was über 16 geogr. Meilen ist, da 40 Stadien = 1 geogr. Meile sein sollen.

Die Gradmessung unter Al Maimon wurde von zwei verschiedenen Compagnien angestellt, wovon die eine von Norden nach Süden, die andere von Süden nach Norden ihre Messungen vollzog. Die eine fand 56, die andere $56^2/_3$ arabische Meilen als Gradlänge; auch bei einer wiederholten Messung ergab sich dasselbe. Nach den Angaben über die arabische Meile, die wir haben, war das Resultat um ungefähr 1700 Toisen zu groß.

Daß bei solchen ungenauen und unzuverlässigen Messungen durch Zufall oft ein richtiges Resultat erhalten wurde, beweist die nach einem langen Zeitraume des Verfalls und Wiederauflebens der Naturwissenschaften von Fernel zwischen Paris und Amiens vorgenommene Gradmessung. Dieser maß die Länge des Bogens auf eine für ihn sehr bequeme Weise. Er brachte nämlich an einem Wagen eine Vorrichtung an, durch welche er, wie an einer Uhr, berechnen konnte, wie oft sich sein Wagenrad, während er von Paris nach Amiens fuhr, umgedreht hatte. Die Zahl der Umdrehungen multiplicirte er mit dem gemessenen Umfang seines Rades und zog nun von der auf diese Weise gefundenen Länge des Weges dasjenige ab, was ihm durch die Krümmungen und Unebenheiten der Straße zu viel herausgekommen schien. Er gab die Länge eines Grades zwischen Paris und Amiens zu 57070 Toisen an, nur um 10 Toisen größer, als sie sich nach der genauesten französischen Gradmessung herausstellte.

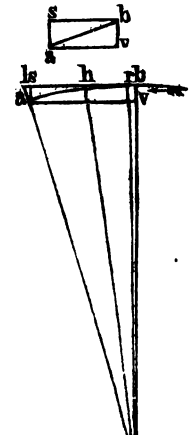
4) zu S. 22. Im Ganzen haben wir seit Eratosthenes 27 verschiedene Gradmessungen. Außer den bereits erwähnten wurden noch im vorigen Jahrhunderte und in diesem genaue Gradmessungen vorgenommen. Eine der berühmtesten ist die auf Beschluß des Nationalconventes von Mechain und Delambre begonnene und von Biot und Arago vollendete, den Meridian von Dünkirchen bis zur Insel Formentera — $12^0\ 22'$ — umfassende Messung. Der zehnmillionste Theil von dem Viertel (Quadranten) dieses Meridians sollte als Maaßeinheit für das neue französische Maaßsystem gelten. Dieß ist das Mètre = 3' 0'' 11,44''' = 0,513 Toisen. Ein „natürliches" Maaß ist dieß ebensowenig, als alle übrigen, sondern auch ein willkürlich festgesetztes. Da die Gestalt der Erde, wie alle späteren Gradmessungen erwiesen haben, keine genaue mathematische ist, so ist auch — ganz abgesehen von der Unmöglichkeit, ein absolut zuverlässiges Maaß eines Meridianes zu erhalten — kein Meridian

dem andern ganz gleich, daher immer wieder der Willkür überlassen, welchen Meridian man zu diesem maßgebenden wählen will.

Außer dieser sind noch sehr genaue Gradmessungen vorgenommen worden in England von Mudge, in Lappland von Svanberg und Ofverbom. In Deutschland: von Liesganig in Oesterreich, von Gauß in Hannover, von Bessel in Ostpreußen, die zu den neuesten und genauesten gehören, die je angestellt wurden. Die große, von der Donau bis zum Eismeer durch Rußland und Schweden unternommene, ist eben, nach 36jähriger Arbeit, vollendet; doch sind die Resultate derselben noch nicht bekannt. (Grunert, Archiv f. Math. und Physik. 1854. p. 225.)

Außer diesen europäischen fanden Gradmessungen Statt am Cap durch Lacaille, in Pensylvanien durch Mason und Dixon, in Ostindien durch Lambton u. s. f. Eine ausführliche Geschichte der Gradmessungen findet sich in Schmidt's Lehrbuch der mathemat. u. physikal. Geographie Bd. I.

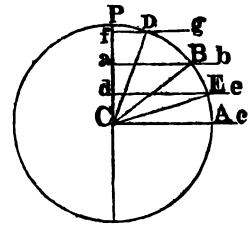
5) zu S. 26. Wenn wir einen Thautropfen, ein Queckfilberkügelchen u. s. w. betrachten, so bemerken wir, daß sie nicht ganz genau kugelrund sind. Sie sind es um so mehr, je kleiner sie sind. Die Abweichung von der Kugelgestalt rührt davon her, daß die Anziehungskraft der Erde neben der der einzelnen Theilchen auf einander noch wirksam ist. Sind die Tropfen z. B. auf einer Unterlage auffitzend — nicht etwa hängend — so bewirkt jene, daß der Tropfen auf die Unterlage drückt und sich dadurch abplattet. Man kann diesen Uebelstand vermeiden, und bei einem der sinnreichsten Experimente zur Anschaulichmachung der bei der Rotation flüssiger Körper eintretenden Erscheinungen ist er vermieden. Es ist dieß das äußerst interessante Experiment, dessen Anstellung Plateau lehrte. Alkohol ist leichter, Wasser schwerer als Oel. Mischt man nun die ersteren beiden, so kann man ein Gemisch darstellen, das ganz genau das specifische Gewicht des Oeles hat. Hat man dieß erreicht, so kann man eine Masse Oels hineinbringen, die sich von jenem Gemische abgesondert erhält, in Folge dessen seine Theilchen, sich selbst überlassen, zu einer vollkommenen Kugel formen, die in dem Gemenge an jeder beliebigen Stelle sich ruhig erhält, da sie gerade so schwer, wie eine gleiche Masse von jenem, weder steigen noch zu Boden sinken kann. Bringt man nun jenes Gefäß in eine rotirende Bewegung und hat man vorher die Oelkugel genau so gestellt, daß ihre Achse mit der Rotationsachse des Gefäßes zusammenfällt, so wird man bald gewahr, wie sich jene Kugel immer mehr an den Enden der Achse abplattet, an dem Aequator dagegen anschwillt.




6) zu S. 27. Wenn auf einen Körper b zugleich zwei Kräfte wirken, wovon ihn die eine von b nach s treibt, die andere aber in derselben Zeit von b nach v treiben würde, wenn jede für sich allein wirkte, so wird der Körper am Ende dieses Zeitabschnittes durch beide zugleich, eine mittlere Richtung zwischen beiden annehmend, nach a gelangt sein, also die Diagonale eines Parallelogramms beschreiben, dessen Seiten eben durch die Linien sb = av und bv = sa gebildet werden. Dieß können wir zur Berechnung der Centrifugalkraft anwenden. Es sei b ein Körper, der sich in Folge der zwei vereinigten, gleichzeitig wirkenden Kräfte — der Centrifugalkraft und Centripetalkraft — in einer Kreislinie um C bewegt. Es sei ba der Weg, den er z. B. in einer Secunde zurücklegt. Die Centrifugalkraft allein würde ihn in dieser Zeit nach l gebracht haben, d. h. also um das Stück al vom Centrum weiter entfernt haben, da Ca = Cb. Es giebt uns also die Linie al das Maaß der Centrifugalkraft für die Zeit an, welche der Körper b brauchte, um in Wirklichkeit die Bahn ba zu durchlaufen. Ist der Winkel bcl ein sehr kleiner, zugleich der Kreis ein sehr großer,

so kann man das Stück des Kreises a b als eine gerade Linie ansehen, und ohne Fehler obige allgemeine Sätze auch auf die in einer Kreislinie bewegten Körper anwenden. Je kleiner der Winkel wird, desto kleiner wird zugleich die Linie a l, sie ist für den Winkel h C b schon sehr klein geworden, für den Winkel r C b bei dieser Größe des Kreises nicht mehr darzustellen. Zugleich mit der Größe des Winkels und der Größe der Linie a l nimmt aber der Unterschied zwischen den Linien l a und s a ab, die sich gerade so zu einander verhalten, wie die Linien l C : C b; für den Winkel r C b verhalten sie sich, wie r C : C b. Für einen sehr kleinen Winkel kann man daher auch in der Rechnung die Linien l a und s a einander gleichsetzen. Die Linie s a = b v heißt nun der Sinus versus des Winkels b C l und es ergiebt sich also, daß für einen sehr kleinen Bogen eines in einer Kreislinie bewegten Körpers die Centrifugalkraft gleich dem Sinus versus dieses Bogens sei. Mit diesem Satz können wir nun leicht die Größe der Centrifugalkraft unter dem Aequator z. B. finden. Jeder Punkt desselben durchläuft nämlich in 24 Stunden den ganzen Kreisumfang von 360°, in einer Stunde also 15 Grade, in einer Minute 15 Minuten, in einer Secunde 15 Secunden. Dieser Winkel ist so klein (der Winkel, den die Linien r C und C b unsrer Figur einschließen, ist 240mal größer!), daß wir jenen Satz unbedingt anwenden können. Aus dem bekannten Halbmesser der Erde finden wir, daß der Sinus versus dieses Winkels für einen Punkt des Aequators nur $^1/_{20}$ eines Pariser Fußes beträgt (genauer 0,0521), d. h. in einer Secunde würde durch die Centrifugalkraft ein Körper unter dem Aequator um $^1/_{20}$ Fuß sich von der Erde entfernen, wenn sie plötzlich allein wirksam wäre. In einer Secunde fällt aber dort, wie uns Versuche lehren, ein Körper 15,05 Par. F. Es verhält sich also die Fallkraft (Centripetalkraft) zur Centrifugalkraft unter dem Aequator wie 15,05 : 0,0521 oder wie 289 : 1.

7) zu S. 28. Man sieht aus der Figur, wie die Centrifugalkraft nicht nur von dem Pole gegen den Aequator und zwar im Verhältnisse der Linien f D : a B : d E : C A zunehme, sondern auch der Centripetalkraft außerdem in einem verstärkten Maaße entgegenwirke. Während nämlich der Punkt D durch die Centrifugalkraft allein nach g getrieben würde, wirkt er wider die Schwerkraft, die ihn nach C hinführen würde, nicht gerade entgegengesetzt, wohl aber ist dieses unter dem Aequator der Fall, wo A c die Richtung ersterer, A C die Richtung letzterer bezeichnet. Je mehr man sich aber von den Polen entfernt, desto größer wird der Winkel, den die Richtungslinien der beiden Kräfte mit einander machen, desto direkter widerstreiten sie einander, ein desto größerer Theil der Schwerkraft wird von der Schwungkraft aufgehoben, desto mehr wird die Anschwellung gegen den Aequator zu in immer steigendem Verhältnisse zunehmen.




Huyghens hatte bei seiner Berechnung noch angenommen, daß die Erde eine homogene, nicht zusammendrückbare Masse gewesen sei. Dies sind aber irrige Voraussetzungen. Wir wissen jetzt, daß die Erde aus sehr verschiedenartigen und verschieden schweren Massen zusammengesetzt ist, also nicht als eine homogene Masse angenommen werden kann; ebenso, daß dieselbe aus zum Theil mehr oder minder zusammendrückbaren Substanzen besteht.

Wenn man alle diese Verhältnisse nun mit berücksichtigen will, so wird es ein äußerst schwieriges Problem, die Abplattung theoretisch zu berechnen und die verschiedenen Resultate der verschiedenen Mathematiker haben dann durchaus nichts Befremdliches mehr, und verdienen um so größeres Vertrauen, je sorgfältiger alle auf die Größe der Abplattung influenzirenden Verhältnisse mit in Rechnung gezogen worden sind, wie dies eben von Ivory geschehen ist.

8) zu S. 29. Newton war es, der vom Jahre 1666 an Untersuchungen über die Schwerkraft — Gravitation — anstellte. Ein vor seinen Augen vom Baume herabfallender Apfel soll ihm die nächste Veranlassung dazu gegeben haben. — Sie wirkt auf der ganzen Erde, erleidet keine merkliche Abnahme auf den höchsten Berggipfeln, und läßt selbst kein Lufttheilchen und Dunstkügelchen der Erde entfliehen. Vielleicht erstreckt sie sich noch bis zum Monde, schloß er weiter, vielleicht ist sie es, welche ihn an die Erde bannt? Genaue astronomische Beobachtungen sollten ihm die Bestätigung dieser Gedanken, die ihn von der Erde immer weiter in den Himmel geführt hatten, liefern; und nach jahrelangem Suchen *) fand er diese Gesetze nicht nur für die Erde, sondern für das ganze Sonnensystem bestätigt, ja wir können sagen, daß sie allgemeine Gültigkeit haben für den ganzen unermeßlichen Raum, für das kleinste Stäubchen wie für die größte Sonne. Sie lauten aber also:

1) Jeder Körper übt eine Anziehungskraft aus auf alle übrigen körperlichen Gebilde und wird wiederum von diesen angezogen.

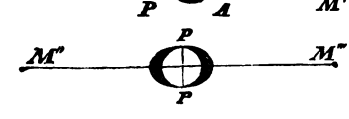
2) Die Anziehungskraft eines Körpers steht im direkten Verhältnisse zu der Masse desselben.

3) Die Anziehungskraft nimmt im Verhältnisse des Quadrates der zunehmenden Entfernungen ab; d. h. entfernt sich ein Körper um das Zwei-, Drei-, Vierfache von einem anderen, so nimmt die Anziehung, die er von diesem erleidet und auf ihn ausübt, um das Vier-, Neun- Sechszehnfache ab.

9) zu S. 29. Die Gesetze über die Pendelschwingungen, deren Auseinandersetzung in jedem Lehrbuche der Physik enthalten ist, welche hierbei in Anwendung kommen, sind diese: Die Schwingungszahlen zweier Pendel in gleicher Zeit verhalten sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln der Pendellängen, d. h. macht ein Pendel in einer Secunde zwei Schwingungen, während ein anderes in derselben Zeit drei macht, und ist das erstere Pendel 9 Zoll lang, so ist das letztere vier Zoll lang. — Die auf ein und dasselbe Pendel wirkenden Kräfte verhalten sich wie die Quadrate der erhaltenen Schwingungszahlen, d. h. macht ein und dasselbe Pendel an einem Orte in derselben Zeit zwei Schwingungen und an einem anderen drei, so verhalten sich die anziehenden Kräfte wie 4 : 9. Für Paris beträgt nun die Länge des Secundenpendels 0,993849 M. oder 440,569 Pariser Linien, für Berlin 440,7354 Par. Lin. (nach Bessel).

Man hat nun eine große Anzahl von Untersuchungen über die Pendelschwingungen angestellt, vom 80° NB. bis 51° SB., fast rund um den Aequator herum, auf den Südseeinseln 2c. Besonders sind es die von Sabine, Freycinet und Lütke zur See angestellten, die namentlich von Ersterem vom Aequator bis fast 80° NB. in großer Ausdehnung vorgenommen wurden, aus welchen man $^1/_{288{,}4}$ als den Werth der Polarabplattung fand, eine Uebereinstimmung mit der theoretisch berechneten, wie man sie nur immer erwarten konnte. (Ausführlichere Angaben darüber sind in Humboldt's Kosmos Bd I. p. 421.)

10) zu S. 30. Es würde zu weit führen, ausführlicher auf die Art und Weise einzugehen, wie sich aus den Störungen im Mondlaufe die Abplattung berechnen läßt. Im Grunde beruht sie auf demselben Principe, wie die Berechnung aus der Abnahme der Pendelschwingungen. Wir wissen nämlich, daß die Erdachse unter $66^1/_2{}^0$ gegen ihre Bahn geneigt ist, und daß die Mondsbahn mit der Erdbahn einen Winkel von c. 5° macht. Es stelle nun E C die Erdbahn, P P die Erdachse, A A den Aequator, M M die Mondsbahn dar, und zwar laufe der Mond in einer durch M M auf der Fläche des Papieres senkrecht stehenden Ebene. In der Mitte seines Laufes zwischen M' und M wird er nun gerade senkrecht über C sich be-




*) 1687 erschien sein Werk Principia mathemat. philosoph. natural.

finden, die gegenseitige Stellung von Erde und Mond wird dann wie die zweite der Figuren sich darstellen. Auf seiner Bahn ist er aber überall gleich weit von dem Centrum der Erde entfernt. Wäre nun die Erde eine Kugel, so würde er auch auf allen Theilen seiner Bahn gleich stark angezogen. Nun ist sie aber eine Kugel, auf die gleichsam eine gegen den Aequator immer dicker werdende Hülle — der schattirte Theil in der Figur — aufgesetzt ist. Offenbar ist er aber in M'' und M''', wo eine Linie von seinem Centrum nach dem Erdcentrum gezogen durch den Aequator geht, der Einwirkung dieser ganzen Masse, welche um den Aequator herum durch die Abplattung angehäuft ist, mehr unterworfen, weil er ihr am stärksten Theile näher ist, als bei seiner Stellung in M' und M, wo er sich mehr den abgeplatteten, ihm also weniger Masse darbietenden Polen zugewendet hat. Aus der Ungleichheit in der gegenseitigen Anziehung in diesen verschiedenen Stellungen, deren Größe man durch genaue astronomische Beobachtungen ermittelt hat, wurde nun von La Place die Größe dieser Abplattung berechnet.

11) zu S. 30. Namentlich die auf dem Meere angestellten Pendelversuche verdienen das größte Vertrauen, indem bei ihnen Fehler, die auf dem Lande bedeutender werden können, weniger zu befürchten sind. Auf die Pendelschwingungen haben nämlich die nächsten Umgebungen oft merklichen Einfluß, ebenso die Beschaffenheit der Erdrinde. Berge, die sich in der Nähe befinden, wirken störend auf das Pendel, schwerere Massen an der Oberfläche der Erde, z. B. Basalt und ähnliche schwere Gesteine, verstärken, leichtere, wie angeschwemmtes Land, Sand u. dergl., verringern die Schwerkraft, so daß die Beobachtungen dadurch etwas gestört werden. Wir werden bald sehen, wie durch diese Eigenschaft das Pendel uns Aufschlüsse über das Innere der Erde und die Schwere derselben zu verschaffen im Stande ist.

12) zu S. 30. Die Abweichungen von der regelmäßigen, berechneten Gestalt, welche sich an einzelnen Orten durch die Beobachtung ergeben haben, mögen theilweise, aber auch nur theilweise, durch unvermeidliche Fehler, z. B. durch Ablenkung des Bleilothes bei den Gradmessungen u. s. w., sich erklären lassen. Doch ergaben auch die genauesten derselben solche Abweichungen, die nicht wohl aus einem solchen Fehler allein sich ableiten lassen. So zeigte sich schon bei der französischen Gradmessung von 1792 eine Ungleichheit in der Abnahme der Länge der Grade, die einmal nur vier, dann wieder dreißig Toisen betrug. Eine im Jahre 1803 in England mit großer Genauigkeit vorgenommene Gradmessung ergab sogar, daß dort eine derartige Unregelmäßigkeit in der Gestalt der Erde Statt finde, daß die Grade wirklich von Norden gegen Süden — statt umgekehrt — zuzunehmen schienen. Wir werden später Erscheinungen besprechen, die uns erkennen lassen, daß ein wellenartiges Aufblähen und Einsinken mehr oder weniger großer Theile der Erdoberfläche auch jetzt noch Statt finde. Es darf uns daher keineswegs befremden, daß die Erde Abweichungen von der idealen Sphäroidform erkennen läßt, die sie, so lange sie flüssig war, wohl gehabt haben mag, und die eben durch derartige Störungen in späteren Zeiten nach dem Festwerden ihrer Oberfläche sich erklären lassen.

# Drittes Kapitel.

Schwere der Erde. Dreifache Art, dieselbe zu finden: 1) Durch Ablenkung des Bleilothes, 2) durch den Einfluß eines Berges auf Pendelschwingungen, 3) durch die sogenannte Drehwage.

Wir hatten erwähnt, daß die astronomischen Beobachtungen sowohl wie diejenigen über die Pendelschwingungen an manchen Punkten der Erdoberfläche Störungen unterworfen seien, die einen dort nicht zu vermeidenden Fehler hervorriefen.

Diese Störungen beruhen darauf, daß durch örtliche Einflüsse die allgemeine Anziehungskraft der Erde für diesen Ort bestimmte Modificationen, örtliche Ausnahmen, erleidet. Sie äußern sich darin, daß das Bleiloth des astronomischen Fernrohrs aus seiner senkrechten, dem Mittelpunkte der Erde sich zuneigenden Stellung abgelenkt, die Zahl der Pendelschwingungen ebenso bald vermehrt, bald vermindert wird.

Der Astronom, welcher Winkel am Himmelsgewölbe messen will, und dazu nothwendig ein wirklich senkrechtes Bleiloth braucht, wird diese Orte vermeiden; ebenso der Physiker, der die allgemeinen Gesetze über Pendelschwingungen erkennen will. Sind aber diese einmal erst sicher festgesetzt, dann haben gerade diese Ausnahmen ein besonderes Interesse. Ihr genaueres Betrachten hat zuerst dazu geführt, das mittlere specifische und das absolute Gewicht der Erde zu finden.

Unter „specifischem Gewichte" oder „Dichtigkeit" eines Körpers versteht man das Verhältniß seiner Masse, d. h. der Summa der in demselben enthaltenen Materie, zu seinem Volumen, d. h. der Größe des Raumes, worüber diese Masse verbreitet ist. Die Masse der Körper nun bestimmen wir auf der Wage, indem man sie mit gewissen Masseneinheiten, die man Gewichte nennt, vergleicht. Die Summa dieser Masseneinheiten

nun, welche auf der Wage jenem Körper das Gleichgewicht halten, geben uns das absolute Gewicht des Körpers an.

Nehmen wir gleich große Volumina verschiedener Körper, so finden wir, daß sie ein sehr verschiedenes absolutes Gewicht haben. Ein Würfel von Holz ist viel leichter als ein gleich großer von Blei, ein Kölbchen mit Wasser gefüllt viel leichter, als wenn es mit Queckſilber gefüllt wird. Wie man nun die Masse der verschiedenen Körper unter Zugrundelegung bestimmter Masseneinheiten (Pfund, Loth ꝛc.) ausdrückt, so hat man zur Angabe des relativen Gewichtes verschiedener Körper bei gleichen Massen, auch einen bestimmten als Einheit festgesetzt und zwar das Wasser. Wenn man daher angiebt, ein Körper hat ein specifisches Gewicht von drei, so heißt das, derselbe wiegt dreimal soviel als ein gleiches Volumen von Wasser, oder in demselben Raume ist dreimal soviel Masse von jenem Körper ausgebreitet, als von Wasser, er ist dreimal so dicht, als Wasser.

Denken wir uns nun einen Würfel, der aus Holz und Blei zusammengesetzt ist, so wird derselbe weder das specifische Gewicht des Holzes, noch das des Bleies haben, sondern ein mittleres zwischen beiden, das zwischen beiden hin- und herschwankt, je nachdem mehr von Holz oder mehr von Blei daran ist. Unter mittlerem specifischen Gewichte versteht man daher das specifische Gewicht eines aus verschieden schweren Stoffen zusammengesetzten Körpers, d. h. auch wieder das Gewicht desselben verglichen mit dem eines gleichen Volumens Wasser.

Unsere Erde ist ein derartig zusammengesetzter Körper; Luft, Wasser, Steine, Metalle haben ein außerordentlich verschiedenes specifisches Gewicht. Wenn wir also nach dem specifischen Gewichte der Erde fragen, so heißt das soviel, als, wie verhält sich das Gewicht der Erdkugel, wie sie ist, zu dem Gewichte einer gleich großen Kugel von Wasser?

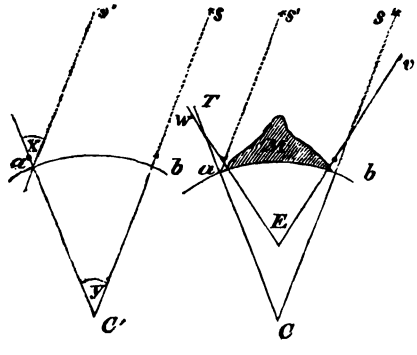
Auf eine Wage können wir nun die Erde nicht legen, um ihr Gewicht zu finden; wir haben aber ein anderes Mittel, um dasselbe zu finden.

Es wurde oben S. 36 als ein allgemeines Gesetz für alle Körper mitgetheilt, daß sie sich alle unter einander anziehen und zwar, daß die Anziehungskraft zweier Körper sich verhalte wie ihre Massen, und umgekehrt wie das Quadrat ihrer Entfernung.

Sind wir nun im Stande, auf irgend eine Weise die Summa der ganzen Anziehungskraft der Erde auf irgend einen Körper zu vergleichen mit der Anziehungskraft eines beliebigen andern, den wir wägen und messen können, dessen Volumen und specifisches Gewicht uns also bekannt ist, auf denselben Körper, den wir vorher der Anziehungskraft der Erde ausgesetzt haben, so können wir daraus zunächst die Masse der Erde nach den obigen Sätzen berechnen, und da wir deren Volumen kennen, auch ihr mittleres specifisches Gewicht [1]).

Wir haben nun in der That drei verschiedene Methoden, die Anziehungskraft der Erde im Verhältnisse zu der Anziehungskraft eines anderen von uns meßbaren und wägbaren Körpers zu vergleichen. Wir wollen kurz diese verschiedenen Methoden hier angeben. Die erste beruht nämlich auf der Vergleichung der Anziehungskraft, die ein und dasselbe Bleiloth von der Erde und von einem anderen schweren Körper erleidet; die zweite auf einer Vergleichung der Pendelschwingungen, die ein und dasselbe Pendel macht, wenn es der Erdanziehung allein oder außerdem noch der Anziehungskraft einer anderen bedeutenden Masse ausgesetzt ist; die dritte beruht auf einer Vergleichung der Schwingungen eines Pendels, das der Einwirkung der Anziehungskraft der Erde entzogen und gleichzeitig der anderer schwerer Massen ausgesetzt ist.

1) Methode mittelst der Ablenkung des Bleilothes. Es sei a b ein Theil eines Meridianes an einer bestimmten Gegend. Die Gradmessungen haben uns nun gelehrt, daß ein Grad 15 Meilen lang sei. Man kann also nun auf doppelte Weise finden, wie viel Grade der Bogen a b einschließt, entweder 1) wenn man durch astronomische Messung des Winkels x, der gleich dem Winkel y ist, direct den Bogen a b mißt, wie dies bei den Gradmessungen angewandt wird, und oben Kap. II. ausführlich auseinander gesetzt wurde, oder auch 2) wenn

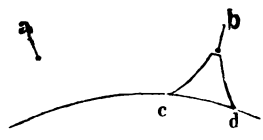


man die Entfernung von a nach b mißt, und aus der bekannten Länge eines Grades die Zahl der Grade zwischen a und b findet. Es sei z. B. der Bogen a b gerade 150 geogr. Meilen lang gefunden worden, so weiß man, daß der Bogen 10 Grade haben muß, daß der Winkel x, den das Bleiloth mit einem Strahle S' eines Sternes, der in b senkrecht über dem Beobachter steht, in a auch 10° betragen muß. So kann man beide Berechnungsmethoden gegenseitig controliren. Stimmen sie beide überein, ist wirklich der Bogen a b 10 Grade, beträgt der Winkel x auch 10 Grade, so ist man sicher, daß an a und b das Bleiloth keine Ablenkung erfahren hat, sondern wirklich senkrecht gegen den Mittelpunkt der Erde C hinweist. Man denke sich nun (Fig. 2.) auf demselben Breitegrad einen hohen Berg M auf dem Bogen a b eingeschoben. Wendet man nun wieder die beiden Gradmessungsmethoden an, so wird man finden, daß sie nun nicht mehr zusammentreffen, die astronomische Beobachtung und die directe Messung stimmen nicht mehr überein. Woher rührt dies? Der Berg M wirkt störend auf das Bleiloth des astronomischen Beobachters, er zieht es etwas zu sich her, es wird in a aus der wahren senkrechten Richtung a C abgelenkt nach a E, und ebenso in b, aus der Richtung b C nach b E hin. Das Centrum der Erde scheint nach diesen Beobachtungen in E zu liegen, der Astronom findet den Winkel des Bogens a b viel größer, als er der directen Messung seiner Länge nach gefunden wird. Sein abgelenktes Bleiloth in b läßt ihn den wirklich senkrecht über ihm stehenden Stern S nicht senkrecht über ihm erscheinen, da sein abgelenktes Bleiloth ihn den Punkt v als senkrecht über ihm erscheinen läßt. Ebenso wird es in a ihm den Stern S' um den Winkel W a S' aus der senkrechten Stellung abweichend darstellen, während er in Wirklichkeit nur um den Winkel T a S' von derselben abweicht. Vergleicht man nun den Winkel E mit dem in Wahrheit dem Bogen a b entsprechenden a C b, so findet man zunächst daraus, um wie viel der Berg das Bleiloth aus seiner senkrechten Stellung abgelenkt hat, wie stark er dasselbe angezogen habe.

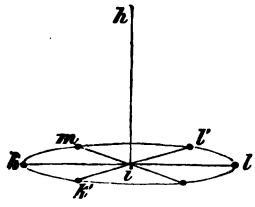
Da man nun die Anziehungskraft der ganzen Erde kennt, so kennt man in diesem Falle also das Verhältniß der Anziehungskraft des Berges zu dem der Erde, und da man den Halbmesser der Erde kennt, und die Entfernung des Beobachters von jenem

Berge messen kann, so kennt man auch das Verhältniß der Entfernungen von dem Mittelpunkte der Anziehung der beiden Körper, der Erde und des Berges. Es bleibt also nur noch übrig die Masse des Berges zu bestimmen, um daraus die Masse der Erde berechnen zu können. Diese findet man aber, wenn man den Umfang, das Volumen, des Berges mißt und das specifische Gewicht des Gesteines bestimmt, aus welchem er zusammengesetzt ist. Die Genauigkeit des Resultates wird nun davon abhängen, wie genau man diese verschiedenen Beobachtungen und Berechnungen anstellen kann. Man hat auf diese Weise das mittlere specifische Gewicht der Erde zu ca 4,3/4 gefunden[2]).

2) Methode durch Pendelschwingungen. Die Schwerkraft und mit ihr die Schwingungen eines Pendels nehmen an Zahl ab, je weiter man sich von dem Mittelpunkte der Erde entfernt. Steigt man z. B. in einen Luftballon, so macht ein und dasselbe Pendel immer langsamere Schwingungen mit der größer werdenden Entfernung von der Erde. Nach den (Kap. II. Anm. 9.) angegebenen Gesetzen über den Zusammenhang der Zahl der Pendelschwingungen mit der Intensität der Schwerkraft läßt sich nun leicht berechnen, um wie viel die Pendelschwingungen in einer bestimmten Höhe, z. B. 10,000 Fuß über der Erde, an Zahl, die Schwerkraft, d. h. die Anziehungskraft der Erde, an Stärke abnimmt. Nehmen wir an, in a sei ein Luftschiffer 10,000 Fuß über der Erde, so wird die Berechnung dort mit der Beobachtung zusammenstimmen, nicht aber in b auf einem Berge, wo zwar die Entfernung vom Mittelpunkte der Erde dieselbe ist, wie in a, aber der ganze Berg b c d mehr auf das Pendel anziehend einwirkt. Das Pendel wird in b offenbar stärker angezogen, daher schneller schwingen als in a, die Differenz zwischen der Beobachtung in a und b wird uns also die Stärke der Anziehung des Berges b c d erkennen lassen, und wir brauchen jetzt nur, wie nach der ersten Methode, die Masse des Berges zu bestimmen, um daraus wieder die Masse der Erde berechnen zu können. Auf diese Weise fand Carlini auf dem Mont-Cenis 1824 die Dichtigkeit der Erde zu 4,39, die jedoch durch Berichtigung eines Rechnungsfehlers von Schmidt zu 4,837 berechnet worden ist.



3) Methode durch die Drehwage. Diese Methode beruht darauf, daß man ein Pendel construirt, das der Einwirkungskraft der Erde auf seine Schwingungen vollkommen entzogen ist, und durch die Masse eines anderen Körpers allein in Schwingungen versetzt wird, dessen Anziehungskraft daraus leicht gefunden und mit der der Erde verglichen werden kann. Dies erreicht man nun auf folgende Weise: Hängt man ein feines Stäbchen k l an einem feinen Drathe oder Faden h i auf, so daß seine Enden im Gleichgewicht, also horizontal hängen, so kann




es horizontal hin und her bewegt werden, d. h. horizontale Schwingungen machen, ohne daß auf diese Schwingungen die Anziehungskraft der Erde den mindesten Einfluß hat, indem ja selbst bei einer vollen Umdrehung um den Faden h i die Enden l und m stets gleich weit vom Mittelpunkt der Erde entfernt sind, die Anziehungskraft der Erde, die durch das Aufhängen an dem Faden wirkungslos gemacht ist, also an keinem Theile dieser Kreisbahn k k' l l', die k und l um h i beschreiben kann, schwächer oder stärker auf k und l einwirken würde. Bringt man nun von der Seite möglichst nahe sehr schwere Massen, z. B. große metallene Kugeln, an k oder l, so wird dadurch das Stäbchen in horizontale Schwingungen versetzt. Die Anziehungskraft der schweren Kugeln bestimmt nämlich das Ende des Stäbchens, aus der ruhenden Stellung in k etwa nach k' hin sich zu bewegen; dabei wird aber der elastische Faden h i gedreht und gespannt und in Folge dessen wird das Ende k wieder von k' gegen k zurückgebracht; die ihm mitgetheilte Bewegung zwischen k' und k treibt es aber über k hinaus etwa bis m — gerade wie ein gewöhnliches Pendel über den tiefsten Punkt, seinen Ruhepunkt, hinausschwingt, wenn es einmal einen Stoß erhalten hat — die Drehung des Fadens, die es hiebei verursacht und die Anziehung der Kugel treibt es nun wieder zurück gegen k' und auf diese Weise dauern die Schwingungen desselben an. Aus der Länge des horizontalen Pendels i k, aus der Zahl der Schwingungen in einer bestimmten Zeit läßt sich die Größe der Anziehungskraft der Kugeln bestimmen und mit der bekannten der Erde vergleichen [3]).

Da man nun das Volumen und das Gewicht dieser Kugeln

genau bestimmen kann, viel genauer, als in den beiden vorhergehenden Methoden das Volumen und Gewicht der Berge, deren Anziehungskraft mit der der Erde verglichen wurde, so kann man auch ein viel genaueres Resultat auf diesem Wege erhalten.

Diese Versuche wurden nun zu verschiedenen Zeiten in großer Ausdehnung angestellt; sie gaben das specifische Gewicht der Erde etwas höher an, als es nach den beiden früheren Methoden gefunden wurde. Als Mittel aus den Versuchen mittelst der Drehwage dasselbe zu bestimmen, können wir die Dichtigkeit der Erde zu $5\frac{1}{2}$ annehmen[1]). Vergleichen wir dieses Resultat mit den Resultaten über die Dichtigkeit der Massen, die wir an der Oberfläche der Erde finden, so werden wir dadurch zu nicht unwichtigen Schlüssen über das Innere der Erde geführt.

Sehen wir nämlich auch ab von der Luft und dem Wasser, von denen die erstere eine viel geringere, das letztere eine nur etwas größere Dichtigkeit als 1 besitzt, so finden wir, daß alle Gesteine, die als wesentliche Bestandtheile der Erdrinde angesehen werden können, ein viel geringeres specifisches Gewicht haben, so daß wir als mittlere Dichtigkeit der Erdrinde höchstens $2\frac{1}{2}$ annehmen können. Eine nothwendige Folge davon ist, daß im Innern der Erde viel schwerere Massen als an der Oberfläche sich befinden müssen, daß das mittlere specifische Gewicht des Erdinneren noch höher als $5\frac{1}{2}$ sein müsse.

Ueber die Beschaffenheit dieser im Innern der Erde sich befindlichen Massen und deren Vertheilung enthalten wir uns einstweilen aller Vermuthungen; wir werden nach Besprechung der Temperaturverhältnisse unseres Erdkörpers noch einmal auf eine Betrachtung seines Inneren geführt werden. Wir begnügen uns vor der Hand, noch die Schlüsse anzugeben, welche La Place aus den Beobachtungen über die Abnahme der Schwerkraft und Zunahme der Schwungkraft von den Polen gegen den Aequator zu gezogen hat. Nach ihm mußte sich die Erde nämlich unter Voraussetzung eines uranfänglichen flüssigen Zustandes so gestalten, daß sie aus einzelnen ellipsoidischen Lagen zusammengesetzt erscheint, deren Abplattung immer stärker wurde, je weiter sie von dem Erdcentrum entfernt lagen, und deren Dichtigkeit mit der Entfernung von dem Mittelpunkte der Erde immer abnimmt.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum dritten Kapitel.

1) zu S. 40. Es stelle E und e zwei Kugeln vor, in P sei ein Pendel, das der Einwirkung der beiden Kugeln ausgesetzt wird, von denen uns nur die kleinere e ihrem Gewicht und ihrer Größe nach bekannt ist, während wir von der größeren nur die Größe, d. h. das Volumen, kennen. Kennen wir nun die Entfernung EP und die Entfernung eP des Pendels P von dem Mittelpunkte der Anziehungskraft der beiden Kugeln, so wissen wir, daß sich die Anziehungskraft E zur Anziehungskraft von e verhält, wie umgekehrt die Quadrate der Entfernung, d. h. wenn wir die Anziehungskraft der großen Kugel E, die der kleinen e, die Entfernung EP mit R, die eP mit r bezeichnen, ist $E : e = r^2 : R^2$. In Beziehung auf die Masse verhalten sich die Anziehungskräfte gerade wie die Massen der beiden zu vergleichenden Körper zu einander. Nennen wir die Masse von E wieder M und von e dagegen m, so erhalten wir die Proportion $E : e = M : m$. Bilden wir aus diesen beiden Proportionen eine, so erhalten wir $E : e = M r^2 : m R^2 = \frac{M : m.}{R^2 \; r^2}$

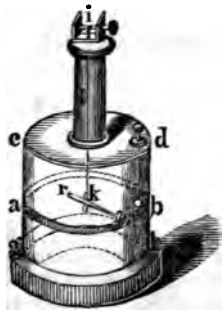
Können wir daher das Verhältniß von E : e, d. h. das Verhältniß der Anziehungskraft der ganzen Erde zu der eines beliebigen anderen Körpers, dessen Masse wir kennen, berechnen, so ist die einzige unbekannte Größe in obiger Proportion M, d. h. die Masse der Erde, die wir aus den bekannten übrigen leicht finden können. — Es handelt sich also zunächst darum, möglichst genau das Verhältniß von E : e und die Masse des die Anziehungskraft e ausübenden Körpers zu finden, was eben auf die drei verschiedenen Weisen geschehen kann, die im Texte auseinandergesetzt sind.

2) zu S. 42. Diese Methode wurde von Maskelyne und Hutton am Shehallien in Perthshire 1774—1776 ausgeführt, einem langgestreckten, ziemlich isolirten, hohen Berge, der seiner Form nach sich wohl dazu eignete. Leider besteht derselbe aus verschiedenen Gesteinen von verschiedenem Gewichte, so daß dadurch die Berechnung seiner Masse, auch abgesehen von der Schwierigkeit, das Volumen eines ganzen Berges genau zu bestimmen, einer neuen Fehlerquelle ausgesetzt war. Mit Berücksichtigung der verschiedenen Zusammensetzung desselben hat Schmidt*) das specifische Gewicht der Erde nach den Angaben dieser Beobachter zu 4,713 berechnet. — Die Ablenkung, welche das Bleiloth erfuhr, und die dadurch bewirkte Vergrößerung des Winkels b C a, die die beiden Linien E b und E a in unserer Figur darstellen, betrug nach Maskelyne 11,66 Secunden, war also immerhin eine genau zu messende Größe.

3) zu S. 43. Wenn man an irgend einen Faden oder Drath einen Gegenstand, der ihn etwas spannt, befestigt, so wird derselbe in einer bestimmten Richtung hängen bleiben. Versucht man nun, den Gegenstand um die Achse des Fadens zu drehen, so setzt derselbe einen kleinen Widerstand entgegen und wenn man den Körper los läßt, so dreht er sich wieder und sucht seine alte Stellung wieder einzunehmen. Je stärker man den Faden dreht, desto stärker wird auch diese Kraft, desto rascher erfolgt die Rückdrehung, wie man sehr deutlich bemerkt, wenn man den Körper allenfalls um die Achse des Fadens, oder den Faden selbst zwischen den Fingern ein paar Mal gedreht hat. Eine Menge alltäglicher Erfahrungen haben gewiß diese Erscheinung schon Jedem bekannt gemacht.

---

*) Lehrbuch der mathematischen und physikalischen Geographie I. 479.




Genaue Verſuche haben nun gezeigt, daß die Kraft dem Winkel proportional iſt, um welchen der Faden gedreht wurde. Um dieſen nun beſtimmen zu können, und damit eben die Kraft der Anziehung, die ja in unſerem Falle die Drehung der Fadens verurſacht, hat man an der ſogenannten Drehwage einen in Grade ꝛc. eingetheilten Ring angebracht, deſſen Mittelpunkt mit dem Aufhängepunkt und dem Ruhpunkt des Stäbchens zuſammenfällt, und der uns ſo den Winkel zwiſchen s und b ꝛc., um welchen der Faden gedreht wird, angiebt.

Nun wird auch der Name dieſes Inſtrumentes einleuchten, deſſen Abbildung wohl jede weitere Erklärung überflüſſig macht. c d g h iſt ein Glascylinder, a b ein metallener Ring mit einer Eintheilung in Grade, innerhalb deſſen ſich an dem Faden i k das Stäbchen r s um den Mittelpunkt k drehen kann.

4) zu S. 44. Die erſten Verſuche dieſer Art wurden von Cavendiſh (1797 bis 1798) angeſtellt. Er berechnete aus ſeinen Verſuchen die Dichtigkeit der Erde zu 5,48; Schmidt, den wir ſchon mehrfach erwähnten, brachte auch an dieſen Rechnungen Correctionen an, wodurch er 5,52 erhielt.

Im J. 1835—1837 wiederholte Reich in Freiberg mit verbeſſerten und im Innern des dortigen Bergwerkes ſo aufgeſtellten Apparaten, daß keine anderweitigen ſtörend einwirkenden Anziehungskräfte auf das horizontale Pendel wirkten, dieſe Verſuche und fand die Dichtigkeit zu 5,44 (mit einem wahrſcheinlichen Fehler von nur 0,0233). Reich, Verſuche über die mittlere Dichtigkeit der Erde. 1838.

Endlich machte noch einmal, 1839—1841, in England Francis Baily über 2000 Verſuche mit Maſſen von verſchiedener Dichte (Platina, Blei, Eiſen, Elfenbein). Als Mittel aus allen ſeinen Beobachtungen fand er 5,67. — In der neueſten Zeit wurden ſie noch einmal von Reich wiederholt, und dabei 5,49 als Reſultat erhalten. (Poggend. Ann. LXXXV, p. 189.) Ziehen wir das Mittel aus 5,52 (Cavendiſh), 5,44 (Reich), 5,67 (Baily), 5,49 (Reich), ſo erhalten wir 5,53 als die mittlere Dichtigkeit der Erde.

# Viertes Kapitel.

Temperaturverhältniſſe der Erde, 1) der Oberfläche — die Sonne iſt die einzige Wärmequelle für dieſe; 2) der Tiefe — Beobachtungen der Temperaturen in Bergwerken, in Bohrlöchern arteſiſcher Brunnen und an heißen Quellen und Vulkanen.

Im vorigen Kapitel haben wir geſehen, wie das Pendel in unſerer Hand ein Inſtrument wird, um uns über das Innere der Erde Aufſchluß zu verſchaffen, und uns zeigt, daß im Innern viel dichtere, ſchwerere Maſſen vorhanden ſein müſſen, als die, welche wir an der Oberfläche antreffen.

Ein anderes unſcheinbares Inſtrument verſchafft uns Aufſchluß über den Zuſtand, in welchem ſie dort aller Wahrſcheinlichkeit nach ſich befinden, nämlich das Thermometer, indem es uns über die Temperaturverhältniſſe des Erdkörpers unterrichtet, und zugleich über die früheſten Zuſtände, den Urzuſtand unſeres Planeten die wichtigſten Aufſchlüſſe verſchafft und den Schlüſſel zur Erklärung der ganzen Entwicklung der Erde an die Hand giebt.

Wir betrachten zunächſt die Wärmeverhältniſſe an der Oberfläche der Erde, dann die in der Tiefe des Erdkörpers, ſoweit wir uns eben darüber bis jetzt Kenntniß verſchaffen können. Bei beiden haben wir auf die Wärmeerſcheinungen und dann auf die Wärmequellen, aus denen dieſe Erſcheinungen ſich erklären laſſen, unſere Aufmerkſamkeit zu richten.

Gehen wir von irgend einem beliebigen Punkte der Erdoberfläche aus, ſo finden wir an jedem derſelben eine doppelte Schwankung der beobachteten Temperaturen, nämlich eine tägliche zwiſchen dem höchſten Wärmegrade des Tages und dem niedrigſten der Nacht, dann eine jährliche zwiſchen der höchſten Sommerhitze und der größten Winterkälte. Dieſe Differenzen hängen von dem jedesmaligen Stande der Sonne ab und laſſen

uns die Sonne als die hauptſächlichſte Wärmequelle für die Oberfläche der Erde erkennen. Da die verſchiedenen Punkte der Erdoberfläche von dem Aequator gegen den Pol zu ſich in immer ungünſtigeren und größerem Wechſel unterworfenen Verhältniſſen in Beziehung auf die Erwärmung durch die Sonnenſtrahlen befinden, ſo ſehen wir, daß die Temperaturſchwankungen nicht nur immer größer werden, je mehr wir uns von dem Aequator entfernen, ſondern auch, daß im Allgemeinen die Wärmemenge gegen die Pole zu immer geringer wird [1]).

Wenn wir für einen beſtimmten Punkt der Erde täglich die höchſte und niederſte Temperatur aufzeichnen und nach einem oder mehreren Jahren die einzelnen ſo gefundenen Grade addiren und mit der Zahl der Beobachtungen dividiren, ſo erhält man einen Quotienten, der die ſogenannte mittlere Temperatur dieſes Ortes angiebt. Dieſe mittleren Temperaturen nun nehmen alſo vom Aequator gegen die Pole zu ab, und ſinken ſelbſt in den nördlichſten Gegenden unter Null herab.

Außer dieſer Sonnenwärme iſt aber noch eine zweifache Wärmequelle für die Oberfläche der Erde denkbar, erſtlich: die Erde könnte Wärme von den übrigen Geſtirnen, und aus dem Weltraume erhalten — ähnlich wie ein Gegenſtand, der ſich in einem erwärmten Raume befindet, aus dieſem Wärme aufnimmt; zweitens: es könnte aus dem Innern der Erde Wärme an die Oberfläche derſelben gelangen, wie die Wand eines kalten Gefäßes nach und nach warm wird, wenn man eine warme Flüſſigkeit in daſſelbe gebracht hat.

Genaue Unterſuchungen haben nun ergeben, daß wir wirklich die Sonne als die einzige Wärmequelle für die Erdoberfläche anſehen dürfen.

Was die Sterne betrifft, ſo war man mit den empfindlichſten Inſtrumenten nicht im Stande, auch nur eine Spur von Wärme in ihren Strahlen nachzuweiſen, und für den Weltraum hat ſich ergeben, daß derſelbe eine außerordentlich niedere Temperatur beſitze und der Erde eher Wärme entziehe als mittheile [2]). — Wie verſchieden auch die Temperatur deſſelben, die wir als eine durch die Wärmeausſtrahlung aller Himmelsgebilde in denſelben hervorgebrachte anſehen müſſen [3]), von verſchiedenen Phyſikern angegeben wird [4]), ſo iſt ſoviel gewiß, daß ſie nicht höher

sein kann, als die niedrigste auf der Erde selbst beobachtete Temperatur. Ebensowenig als ein erwärmter fester Körper, wenn er nicht künstlich erkältet wird, in einem Zimmer kälter werden kann, als die Temperatur in demselben ist, ebensowenig kann die Erde, bei der solche künstliche Processe zur Erzeugung von Kälte nicht Statt finden, kälter werden, als der sie umgebende Weltraum. Nun hat man aber zu Jakutzk in Sibirien 60° unter Null beobachtet*), so daß wir also mindestens 60° Kälte als die Temperatur des Weltraumes annehmen müssen. Die Temperatur der Erdoberfläche wird daher durch die aus dem Weltraume auf sie strahlende Wärme keineswegs erhöht.

Was nun die allenfalls aus dem Inneren der Erde kommende Wärme betrifft, so hat sich dafür, durch Untersuchungen E. de Beaumont's, herausgestellt, daß allerdings eine geringe Spur von Wärme der Oberfläche mitgetheilt wird, aber so wenig, daß sie die mittlere Temperatur der Oberfläche höchstens um $^1/_{30}$° erhöht, im Vergleich mit der durch die Sonne allein erzeugten Wärme daher ganz verschwindend ist.

Wir können also die Sonne füglich als die einzige Quelle der auf der Oberfläche der Erde wahrgenommenen Wärme annehmen. Wie verhält sich nun diese Wärme zu dem Erdkörper? Wie weit dringt sie in denselben ein?

Gräbt man Thermometer in verschiedenen Tiefen unter der Oberfläche der Erde ein und beobachtet die Temperaturen derselben, so findet man Folgendes:

1) Die täglichen Schwankungen zwischen maximum und minimum werden sehr bald unter der Oberfläche immer geringer, in der gemäßigten Zone verschwindet der Unterschied in den Temperaturen eines Tages schon bei 3—5 Fuß Tiefe;

2) je tiefer man von da an hinabdringt, desto geringer werden auch die monatlichen ja die Jahreszeit-Schwankungen;

3) in einer Tiefe, die, je nach der Beschaffenheit[5]) des Bodens, zwischen 60 und 80 Fuß wechselt, hören alle Temperaturschwankungen auf. In dieser Tiefe zeigt ein Thermometer Jahr aus Jahr ein immer dieselbe Temperatur;

4) diese, hier angetroffene Temperatur zeigt sich an ver-

*) A. v. Humboldt's Kosmos III. p. 47.

schiedenen Orten verschieden, sie stimmt überein mit der mittleren Jahrestemperatur des Ortes, an welchem man diese Beobachtungen anstellte. Da nun die mittlere Jahrestemperatur von der Sonne herrührt, so wird uns jene Tiefe also die Grenze der Einwirkung und die Summe der Sonnenwärme bezeichnen, und da weder die erwärmenden, noch die erkältenden äußeren Einflüsse weiter als c. 60—80 Fuß tief eindringen, so werden wir, wenn wir noch tiefer gegen das Innere der Erde uns begeben, die eigenthümliche Temperatur des Erdkörpers antreffen. Welche Temperatur treffen wir nun jenseits dieser Grenze an?

Zahlreiche unter den verschiedensten Breitegraden angestellte Beobachtungen haben nun als allgemein gütige Gesetze ergeben:

1) Die Temperatur bleibt auch noch weiter hinab eine constante und zwar

2) wird sie immer höher, je weiter wir hinabsteigen.

3) Im Mittel beträgt die Zunahme auf je 120 Fuß einen Grad Wärme.

Die directen Beobachtungen, nach welchen diese Schlüsse gezogen wurden, sind theils in Bergwerken, theils in Bohrlöchern arteſischer Brunnen angestellt worden. Wir wollen einige dieser Beobachtungsreihen näher betrachten.

Beobachtungen in Bergwerken. Daß die Wärme zunehme, wenn man in den Bergwerken hinabsteige, ist eine sehr alte Beobachtung. In den früheren Zeiten[6]) beschränkten sich die Untersuchungen fast ausschließlich auf die Beobachtung der Temperaturzunahme, welche sich in der Luft oder auch in dem Wasser zeigte, welches im Innern der Bergwerke angehäuft stagnirte, sogenanntes Grubenwasser, und so nach und nach die Temperatur des Gesteines, von welchem es eingeschlossen war, annahm. Diese Methoden waren jedoch durchaus nicht geeignet, sichere Resultate über die Größe der Wärmezunahme zu liefern. Was zunächst die Temperatur der Luft betrifft, so wurde dieselbe in den engen Räumen, in welchen man die Beobachtungen anstellte, stets erhöht durch die dabei nöthigen Lichter und durch die Wärme des menschlichen Körpers selbst. Die Temperatur des Grubenwassers gab in soferne kein richtiges Resultat, als das Wasser stets, wenn auch nur geringen Zufluß von atmosphärischem Wasser erhielt, und ebenfalls denselben erwärmenden Einflüssen wie die Luft aus-

geſetzt war, häufig auch nicht genau beſtimmt werden konnte, ob daſſelbe nicht durch Spalten und Klüfte mit tieferen, alſo wärmeren Regionen in Verbindung ſtehe[7]). Man ſah daher bald ein, daß man, um dieſe Uebelſtände zu vermeiden, die Temperatur des Geſteines ſelbſt unterſuchen müſſe. Die ausgedehnteſten und ſorgfältigſten Unterſuchungen dieſer Art wurden nun von Reich in Freiberg*) angeſtellt, indem er Löcher 40 Zoll tief in das feſte Geſtein bohrte, dort hinein die Thermometer brachte, das Loch dann wieder ſorgfältig mit Sand und anderen ſchlechten Wärmeleitern ausfüllte, um auf dieſe Weiſe alle ſtörenden Einflüſſe von außen abzuhalten. Die Thermometer waren ſo lang, daß die Skale noch außerhalb des Loches zu ſtehen kam. Die Zahl der in Freiberg angeſtellten Beobachtungen betrug in 18 Mönaten (1829—1831) 12936. Es ergab ſich als Reſultat derſelben für das ſächſiſche Erzgebirge:

1) Die Temperatur nimmt nach der Tiefe entſchieden zu;

2) ſie iſt, wenn man abſieht von kleinen Schwankungen, durch den nicht ganz zu vermeidenden Zufluß von Waſſer ꝛc. veranlaßt, überall eine conſtante;

3) im Mittel nimmt ſie auf je 129 Fuß um 1° zu;

4) das Geſtein der unterirdiſchen Räume wird durch die Luft nach und nach etwas abgekühlt. Ueberhaupt zeigen ſich mehr das Geſtein erkältende als erwärmende Einflüſſe.

Aehnliche Reſultate ergaben ſich aus den Beobachtungen, welche auf Veranlaſſung A. v. Humboldt's in den preußiſchen Bergwerken angeſtellt wurden. Auch hier zeigte ſich jedoch eine große Verſchiedenheit in Beziehung auf die Schnelligkeit der Temperaturzunahme, die ſich namentlich in Steinkohlenbergwerken als eine ſehr raſche herausſtellte, als eine viel langſamere dagegen in Erzgruben. Die Extreme waren hier einerſeits 60, andrerſeits 444 Fuß[8]). Gleiche Verſuche wurden von verſchiedenen Naturforſchern in Frankreich, in England, von A. v. Humboldt in Südamerika und Mexico, von Rogers in Virginien, von Everest in Oſtindien**) angeſtellt. Sie alle ergaben als gemeinſchaftliches, keine Ausnahme erleidendes Reſultat, daß die Temperatur fort-

*) Cfr. Reich, Beobachtungen über die Temperatur des Geſteines. Freiberg 1834.

**) Cfr. Naumann, Lehrbuch der Geognoſie. I. p. 37.

während mit der Annäherung gegen den Mittelpunkt der Erde zunehme; daß dieſe Zunahme aber für verſchiedene Orte der Erde eine verſchiedene ſei. Die Urſachen dieſer Verſchiedenheiten werden wir nach Betrachtung der Temperaturverhältniſſe in Bohrlöchern von arteſiſchen Brunnen, bei denen ſich dieſelben ebenfalls geltend machen, beſprechen.

Beobachtungen in arteſiſchen Brunnen. Wenn man von der Oberfläche der Erde aus hinabbohrt und auf eine unten abgeſperrte, unter einem gewiſſen Drucke ſich befindende Waſſeranſammlung gelangt, ſo entſteht auf dieſe Weiſe, indem das Waſſer hervorſprudelt, eine künſtliche Quelle, ein ſogenannter arteſiſcher Brunnen[9]). Die Bohrlöcher dieſer arteſiſchen Brunnen, ſo lange ſie noch nicht bis zu jener Waſſerſammlung hinabgedrungen, alſo von dem hervorſprudelnden Waſſer noch nicht angefüllt ſind, eignen ſich ebenfalls ſehr gut zu Unterſuchungen über die Zunahme der Temperatur in der Tiefe. Auch dieſe Beobachtungen ergaben überall, wo man ſie anſtellte, übereinſtimmend mit jenen in den Bergwerken vorgenommenen, als unzweifelhaftes Reſultat, daß die Temperatur mit der Tiefe zunehme und ſtets conſtant bleibe, ſobald man einmal die Grenze überſchritten habe, bis zu welcher ſich die Einflüſſe der äußeren Wärme geltend mache.

Im Allgemeinen geben dieſe Beobachtungen eine raſchere Zunahme der Wärme zu erkennen, als die in Bergwerken vorgenommenen; als Mittel aus denſelben kann man etwa 95′ als die Größe annehmen, nach welcher ſich die Temperatur um 1° C. erhöht zeigt[10]). Auch in den Bohrlöchern finden ſich hie und da auffallende Verſchiedenheiten; ſo zeigte ſich in einem 1045 Fuß tief gebohrten Loche bei Neuffen in Würtemberg ſchon nach je 34,1 Fuß die Temperatur um einen Grad erhöht, die ſchnellſte Zunahme, die man je beobachtet hat.

Sogar in dem eiſigen, den größten Theil des Jahres hindurch tief hinein gefrorenen Boden Sibirien's, der nur kurze Zeit an ſeiner Oberfläche von der Sommerſonne aufthaut, fand ſich das Geſetz der zunehmenden Temperatur beſtätigt. Bei dem Verſuch, in Jakutzk einen Brunnen zu graben, fand man nämlich, daß die Temperatur 7 engl. Fuß unter der Oberfläche — 17,12 C., bei 100 — 6,81, bei 200 — 5, endlich bei 382, wo die Arbeiten eingeſtellt wurden — 2,92° C. betrug. Die höchſte Temperatur, die

man direct an Ort und Stelle gemessen hatte, war bei Monte-Massi in Toscana, wo sie in einem 1071 Fuß tiefen Schachte 41,7° C. = 33,2° R. betrug, sich also um 12,2° C. höher zeigte, als die mittlere Jahrestemperatur des heißesten Theiles von Afrika, die 29,5° C. beträgt. Fassen wir das Resultat aus allen diesen Beobachtungen zusammen, so ergiebt sich als sicheres, unbestreitbares Resultat, daß die Temperatur mit der Tiefe immer zunehme; daß aber über das Gesetz, nach welchem sich diese Zunahme richtet, keine sicheren Angaben gemacht werden können. Ziehen wir das Mittel aus den zuverlässigsten Mittelwerthen für verschiedene Orte[11]), so können wir etwa 105 Fuß als diejenige Größe angeben, nach welcher die Temperatur in der Erdrinde um 1 Grad zunimmt, von dem die Extreme 34,1 Fuß (Neuffen) und 444 Fuß freilich sehr bedeutend sich entfernen. Solche Extreme als Ausnahmen dürfen uns jedoch durchaus nicht verwundern, indem wir eine Menge von erkältenden, also die Zunahme vermindernden localen Einflüssen nachweisen können, und ebenso die außerordentlich rasche Zunahme der Wärme von localen Verhältnissen abhängig sehen. Derartige erkältende Einflüsse sind z. B. die einsickernden atmosphärischen Wasser, welche, Spalten des Gesteines durchdringend, eine kältere Temperatur von oben mitbringen und auf das wärmere Gestein abkühlend einwirken[12]). Ebenso kommt es auch auf die Beschaffenheit der Reliefverhältnisse des Beobachtungsortes an, die ebenfalls so sein können, daß sie erkältend einwirken; wenn man z. B. von der Spitze eines steil abfallenden Berges aus eingräbt, wird man ein ganz anderes Resultat erhalten müssen, als wenn man von der Ebene aus in die Tiefe hinabdringt, weil in ersterem Falle die Luft von der Seite her erkältend einwirkt, was im letzteren nicht Statt finden kann[13]). In ähnlicher Weise lassen sich aber auch raschere Zunahmen der Temperatur aus localen Verhältnissen erklären. Zunächst kommt hiebei die verschiedene Leitungsfähigkeit der Gesteine in Betracht, wofür die Untersuchungen von Forbes (s. Anmerk. 5 zu diesem Kap.) einen hinlänglichen Beweis liefern. — Außerdem können aber auch noch Wärme erzeugende chemische Processe in der Nähe des Beobachtungsortes Statt finden, welche die raschere Temperaturzunahme erklären, und wie von oben her eindringende kältere Wasser abkühlend wirken, so können aus größerer Tiefe kommende wärmere

Wasser locale Erhöhungen der Temperatur veranlassen[41]). Endlich kann es wohl auch möglich sein, daß die offenbar in der Tiefe der Erde ihren Sitz habende Wärmequelle wirklich an einigen Orten der Oberfläche näher ist, als an anderen, eine Möglichkeit, auf die wir noch einmal zu sprechen kommen werden, wenn wir über die Ursache dieser Erscheinungen, über die Natur und Entstehung der inneren Erdwärme dasjenige mittheilen werden, was sich bis jetzt darüber mittheilen läßt. Ein allgemeines, auch für bedeutendere Tiefen gültiges Gesetz der Wärmezunahme läßt sich aus diesen Gründen und nach den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen nicht aufstellen.

Die Tiefen, in welche wir bis jetzt mit unsern Instrumenten hinabgelangen konnten, sind zu gering, als daß wir die Schlüsse aus diesen Beobachtungen, auch wenn diese selbst mehr übereinstimmten, als richtig auch für größere Tiefen annehmen könnten. Die größten bis jetzt erreichten Tiefen, an welchen man Temperaturbeobachtungen anstellte*), sind die Bohrlöcher des Brunnens von der Saline Neusalzwerk 2144 Fuß tief von der Oberfläche und 1926 Fuß unter dem Meeresspiegel, und des tiefsten europäischen zu Mondorff in Luxemburg 2247 Fuß unter der Oberfläche, 1614 Fuß unter dem Meeresspiegel. Es entspricht diese Tiefe ungefähr 1/10 geogr. Meile! Von dieser geringen Größe aus ein bestimmtes Gesetz über die Temperaturzunahme für Hunderte von Meilen folgern zu wollen, — der Halbmesser der Erde beträgt ja 860 Meilen — wäre allzuvermessen. Dazu kommt, daß wir nicht einmal für dieses geringe Stück der Erdrinde aus den Beobachtungen die Art der Zunahme nachweisen können. Schreitet sie von 100 zu 100 Fuß gleichmäßig fort, d. h. nimmt die Temperatur in arithmetischem Verhältnisse zu, oder findet ein geometrisches mit der größeren Tiefe größere Abstände für je einen Grad der Temperaturzunahme zeigendes Verhältniß Statt? Eine große Zahl von Beobachtungen scheint für das letztere zu sprechen, wie dies z. B. aus der Betrachtung der mitgetheilten Verhältnisse über den Brunnen bei Jakutzk deutlich hervorgeht, doch finden sich auch hier wieder Ausnahmen, z. B. bei dem Brunnen von Neu-

*) Die größte bis jetzt erreichte Tiefe hat man bei Kuttenberg in Böhmen erreicht. Eine der dortigen Gruben hatte 3545 Fuß Tiefe.

salzwerk, wo bis zu 1935 Fuß immer langsamer, dann aber wieder rascher die Zunahme Statt findet, die auch dieses Gesetz als ein unsicheres erscheinen lassen, wenn es schon auch durch die interessanten Versuche von G. Bischof über die Art der Abkühlung großer Kugeln von geschmolzenen Massen, an denen sich eine ähnliche geometrische Zunahme der Wärme von außen nach innen zu erkennen gab, eine neue Stütze gefunden hat [15]).

Wenn wir aber nach dem bisher Mitgetheilten nicht im Stande sind, das Gesetz für das Verhältniß der Wärmezunahme in größeren Tiefen zu bestimmen, als diejenigen, zu welchen wir direct mit unseren Thermometern gelangen können, so haben wir doch hinlängliche Beweise, daß die Temperatur selbst wirklich noch mehr zunehme und zwar bis zu einem so hohen Grade, daß sie den höchsten Hitzegraden, die wir künstlich zu erzeugen im Stande sind, gleich kommt. Diese Beweise liefern uns die warmen und heißen Quellen und die Vulkane, die Ströme geschmolzener Lava, deren Temperatur wir auf c. 2000° anschlagen dürfen, aus dem Innern der Erde hervorbrechen lassen. Was zunächst die Quellen betrifft, so finden wir dieselben von allen möglichen Temperaturen, die überhaupt das Wasser anzunehmen vermag, von 0° bis zu dem Siedepunkte desselben. In allen Gegenden der Erde, in den kalten sowohl wie in den heißen, aus allen möglichen Gesteinen sieht man dieselben hervorbrechen. Gerade die heißesten und mächtigsten sind in einem der kältesten Länder, in Island. Auf den hohen Bergen der Anden, wie in Thälern, ja selbst im Meere hat man dieselben beobachtet [16]). Ihre Temperatur ist eine constante, gerade bei den heißesten und mächtigsten auch Jahrhunderte hindurch eine unverändert gebliebene. Die Temperatur dieser ist eine so hohe, wie wir sie direct an keinem Punkte der Erdrinde bisher angetroffen haben und daher der Schluß gerechtfertigt, daß sie diese Hitze aus dem Innern der Erde, aus Tiefen, in welche wir nicht gelangen können, mit heraufbringen. Aus welcher Tiefe dieselben kommen, darüber können wir nichts mit Bestimmtheit angeben, eben weil wir das Gesetz über die Temperaturzunahme nicht genau kennen, und weil die Kanäle und Spalten, aus denen sie hervorbrechen, nicht, wie die unserer artesischen Brunnen, gerade, sondern mannichfach gewunden und gebogen sind, eine Messung also uns unmöglich machen.

Nehmen wir an, daß die Temperaturzunahme wirklich auch in größeren Tiefen auf je 105 Fuß einen Grad betrage, ſo wird in einer Tiefe von ungefähr 10,000 Fuß unter der Oberfläche bereits Siedhitze angetroffen werden. Da es aber wahrſcheinlich iſt, daß in größeren Tiefen die Zunahme langſamer von Statten gehe, ſo wird die Annahme einer größeren Tiefe für jenen Hitzegrad wahrſcheinlicher, und ſie wird daher gewöhnlich zwiſchen 10 und 20,000 Fuß angenommen. Es ſind dieſe Hitzegrade aber durchaus noch nicht die höchſten, die wir an einzelnen Orten der Erde beobachten können. Eben die Vulkane liefern uns in den flüſſigen Maſſen, die ſie ausſtoßen, den Beweis, daß noch viel intenſivere Wärmequellen im Innern der Erde vorhanden ſein müſſen. Während wir aber bis zu der Siedhitze des Waſſers alle Wärmegrade von 0° an ſtufenweiſe fortſchreitend antreffen, fehlen uns die Zwiſchenſtufen von da an bis zu der Temperatur der Lava, eine Erſcheinung, die uns jedoch nicht verwundern darf, weil die beiden Boten, die uns die Erde als Zeuge der großen Hitze, welche in ihrem Innern herrſcht, in flüſſigem Zuſtande heraufſchickt, das Waſſer eben keine höhere Temperatur als die ſeines Siedepunktes und die Lava keine niedrigere als die ihres Schmelzpunktes haben kann, wenn ſie an die Oberfläche der Erde gelangt. Daß die Geſteine jenſeits der Grenze, wo die Temperatur des Siedepunktes ſich befindet, immer heißer und heißer werden, bis ſie endlich in noch bedeutenderer Tiefe zum Schmelzen kommen, iſt ein Schluß, zu dem wir vollkommen berechtigt ſind, wenn wir ſchon aus den erörterten Gründen dieſe Zwiſchenſtufen der Temperatur durch nichts angezeigt erhalten.

Es wurde ſchon oben erwähnt, daß man die Temperatur der flüſſigen Lava auf ungefähr 2000° ſchätzen kann. Dieſe Temperatur iſt alſo die höchſte, die wir wirklich im Innern der Erde antreffen. Iſt ſie eine rein locale, nur an einzelnen, gewiſſen Punkten der Erde ausnahmsweiſe auftretende, oder eine allgemeine, überall im Innern der Erde vorhandene und nur an einzelnen Punkten zum Vorſchein kommende? Hat ſie eine allgemeine, überall vorhandene Urſache, oder beruht ſie auf localen, zur Erzeugung von Wärme Veranlaſſung gebenden Verhältniſſen einzelner Punkte des Erdkörpers? Ehe wir zu Beantwortung dieſer Fragen gehen, bei der wir zum erſten Male unter allen bisher

erörterten Erscheinungen entgegengesetzte Ansichten unter den Naturforschern finden, wird es nöthig, die Erscheinungen und Verhältnisse, unter welchen wir jene hohe Temperatur antreffen, näher in's Auge zu fassen. Ueber die Erscheinungen selbst — als objectiv wahrnehmbare Thatsachen — kann nämlich keine Meinungsverschiedenheit Statt finden, sondern nur über die Erklärung derselben und über die daraus gezogenen Schlüsse, an die sich eben jene Fragen anreihen.

Von jener hohen Temperatur erhalten wir nämlich nur Kunde durch geschmolzene Massen, die aus der Tiefe herauf an die Oberfläche der Erde gelangen und eben jene bedeutenden Hitzegrade mit sich bringen. Jene Massen brechen nun aus den sogenannten Vulkanen hervor, und werden unter dem gemeinschaftlichen Namen Lava zusammengefaßt. Wir werden später auf die vulkanischen Erscheinungen, unter denen die Lavaergüsse weder die bedeutendsten, noch die wesentlichsten sind, ausführlicher zu sprechen kommen und beschränken uns jetzt, wo wir nur die Temperaturverhältnisse im Auge haben, darauf, die hierhergehörigen Verhältnisse anzugeben. Was zunächst die Orte betrifft, an welchen wir Vulkane antreffen, so finden wir ein ähnliches Verhältniß, wie wir es an den heißen Quellen auch fanden. Sie kommen nämlich unter allen Breitegraden, in allen Welttheilen und von allen Höhen vor, in Island und den Südpolarländern, in einer zusammenhängenden Reihe von den Aleuten bis zur Insel Feuerland, auf dem Hochlande von Quito fast 18000 Fuß emporsteigend, wie auf dem Meeresgrunde zu unterseeischen Eruptionen Veranlassung gebend. Sie sind ferner ebensowenig wie die heißen Quellen an bestimmte Gesteine oder bestimmte Formationen gebunden. So bedeutend die Zahl der Vulkane, so ausgebreitet die Gegenden sind, wo vulkanische Erscheinungen angetroffen werden, deren Ausdehnung auf der ersten Karte (Kap. V.) durch die schattirten Linien, welche jene Gegenden bezeichnen, anschaulich gemacht ist, ebenso bedeutend sind auch die Wirkungen derselben und die Menge der Massen, welche sie im geschmolzenen Zustande auf die Erde gesandt haben und noch senden. Nur wenige Beispiele mögen dieses veranschaulichen.

Ein einziger Lavastrom des Skaptar-Jökul auf Island hatte eine Länge von circa 11 geogr. Meilen, eine Breite von 3 geogr.

Meilen und dabei eine durchſchnittliche Höhe von 100 Fuß! — Eine andere ununterbrochene Lavaablagerung auf derſelben Inſel erſtreckt ſich nach Sartorius von Walthershauſen vom Berge Skjaldebreid zum Cap Reykjanes, 20 geogr. Meilen lang und 4—5 geogr. Meilen breit! Dergleichen Ergüſſe kommen aber nicht etwa nur einmal an einzelnen Localitäten vor, ſondern wiederholten ſich an derſelben Stelle — nach kürzeren oder längeren Pauſen — ſo lange wir über dieſe Gegenden hiſtoriſche Nachrichten beſitzen, und wo uns dieſe fehlen, giebt uns die Zahl und Mächtigkeit der erſtarrten Ströme ſelbſt den beſten Beweis für die lange Dauer, die anhaltende Aeußerung dieſer Thätigkeit an demſelben Orte. Wir können ſie daher auch nicht als ſolche Erſcheinungen anſehen, die in rein localen und vorübergehenden Urſachen, wie z. B. chemiſchen Proceſſen, ihren Grund haben, ſondern werden ſie als von einer anhaltenden, im Innern der Erde ihren Urſprung habenden Urſache abhängig anzuſehen haben. Können wir nun noch nachweiſen, daß dieſe Art der vulkaniſchen Erſcheinungen — nämlich die eigentlichen von Lavaergüſſen begleiteten Eruptionen — im engſten Zuſammenhange ſtehen mit anderen, viel weiter als dieſe letzteren ſelbſt auf der Erde verbreiteten Erſcheinungen, die auf dem bei weitem größten Theil der Erdoberfläche vorkommen, ſo wird uns auch dies nur noch mehr in der Meinung beſtärken, daß alle dieſe Erſcheinungen von einer allgemeinen, an allen Punkten der Erde in ihrem Inneren vorhandenen Urſache herrühren.

Dieſe hierher gehörigen, mit jenen vulkaniſchen Erſcheinungen im engeren Sinne im innigſten Zuſammenhange ſtehenden anderweitigen ſind zunächſt die Erdbeben und an dieſe ſich anſchließend Hebungen und Senkungen von mehr oder weniger ausgedehnten Ländermaſſen.

Ehe wir dieſe dreierlei Erſcheinungen näher betrachten, und auf deren Erklärung eingehen, ehe wir uns alſo auf das Gebiet begeben, auf dem ſich der langgeführte Streit der zwei Partheien unter den Geologen bewegt, wollen wir zum Schluſſe noch auf das unbeſtreitbare und unbeſtrittene Feld der Thatſachen, auf dem wir uns bisher bewegt haben, einen Blick zurückwerfen und die Ausbeute, die wir auf demſelben gemacht haben, noch kurz zuſammenfaſſen. Wir können das in folgenden Sätzen:

entsteht eine Quelle; bildet man dieselbe künstlich, etwa bei a, so entsteht ein artesischer Brunnen. Es ist also 2) nöthig, daß die Ausflußöffnung tiefer liegt, als der höchste Punkt, an welchem das Wasser steht. Wäre z. B. die Beschaffenheit der Erdoberfläche in jener Gegend so, daß die Schichten bis über die Linie a' f reichten, so könnte man ober f hinabbohren, und würde wohl Wasser erhalten, dasselbe würde aber nicht höher als f in dem Bohrloche stehen, weder zu einer Quelle, noch zu einem artesischen Brunnen Veranlassung geben.

10) zu S. 52. Es mögen hier einige Angaben über die Beobachtungen in Bohrlöchern folgen, und zwar von dem im Muschelkalke zu Rüdersdorf bei Berlin, dem von la Grenelle in Paris und dem auf der Saline Neusalzwerk in Westphalen (Naumann, a. a. O. p. 48).

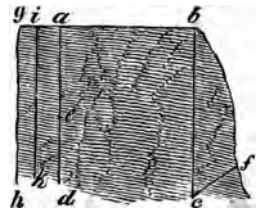
| Rüdersdorf. | | la Grenelle. | | Neusalzwerk. | |
|---|---|---|---|---|---|
| Tiefe. | Temperat. | Tiefe. | Temperat. | Tiefe. | Temperat. |
| P. Fuß | Grad C. | P. Fuß | Grad C. | P. Fuß | Grad C. |
| 380 | 17,12 | 917 | 22, 2 | 580 | 19,7 |
| 500 | 17,75 | 1231 | 23,75 | 1285 | 27,5 |
| 655 | 19,75 | 1555 | 26,43 | 1935 | 31,4 |
| 880 | 23,50 | 1684 | 27,70 | 2144 | 33,6 |

Nach diesen Beobachtungen ergiebt sich, daß in Rüdersdorf auf je 92, in Neusalzwerk auf je 92,27, in la Grenelle auf je 95 P. F. die Temperatur um 1° zunahm. Bei einem 2066 F. tiefen Bohrloch zu Mondorff in Luxemburg ergab sich diese Zunahme auf je 91,1 F. Am Genfer See zeigte sich in einem 682 F. tiefen (über 300 unter den benachbarten Seeboden reichenden) Bohrloch die Zunahme um 1° auf je 91,8 F. In Rouen auf je 90,8, in St. André (Eure) auf 95,3 F. — Etwas abweichend davon zeigte sich dieselbe bei einer Gesammttiefe des Bohrloches von 457 F. zu Pitzbuhl bei Magdeburg auf 80 F., zu la Rochelle bei 379 F. auf 60,6 F., zu Artern in Thüringen bei 1000 F. auf 120 F. Ziehen wir das Mittel aus diesen 10 angegebenen Beobachtungsreihen, so erhalten wir als Resultat, daß die Temperaturzunahme auf je 90,88 P. F. einen Grad betrage.

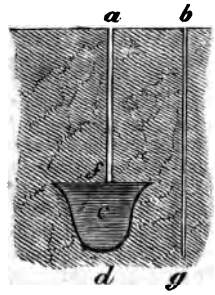
11) zu S. 53. Als Mittelwerthe für die Zunahme um 1° ergeben sich in dem sächsischen Erzgebirge 129 F., für die preußischen 167, nach Oldham in der Grafschaft Waterford (Irland) 165 F., in Newcastle nach Phillips 100 F., in Manchester nach Hodgkinson 116, nach Houzeau in Belgien 102, nach Cordier bei Carmeaux 111 F. (Naumann, a. a. O. p. 54). Als Mittel aus diesen sieben Reihen erhalten wir dann 126,7 F. Fassen wir diese Beobachtungen in Bergwerken mit denen in artesischen Brunnen gemachten zusammen, so erhalten wir wieder als Mittel aus obigen 17 Beobachtungsreihen 105,6 P. Fuß.

12) zu S. 53. Alle Gesteine, aus denen die Erdrinde zusammengesetzt ist, sind theils so porös, theils so von feinen Rissen, oder Sprüngen und Klüften durchzogen, daß überall das atmosphärische Wasser hindurchdringt und nach der Tiefe seinen Weg findet. Wer je ein Bergwerk besucht hat, hat sich gewiß davon überzeugt und gesehen, welche kostspielige Vorrichtungen nöthig sind, um dieses Wasser zu entfernen und den Bergbau in größerer Tiefe möglich zu machen. Je nachdem nun diese Sprünge größer oder kleiner sind, das Wasser rascher oder langsamer, in einzelnen dickeren Kanälen oder feineren zahlreicheren Röhrchen, hindurchlassen, wird es in größeren Tiefen mehr oder weniger mit der Temperatur ankommen, die es an der Oberfläche hatte, von der es herkommt, und also dort mehr oder weniger abkühlend auf die Gesteine einwirken, indem seine Temperatur stets eine kältere ist, als die des Bodens. Gerade, d. h. senkrecht oder wenig von der senkrechten Richtung abweichend die Erdrinde durchsickerndes Wasser wird daher immer auf die Gesteine abkühlend wirken, da es, von oben nach unten fließend, immer die Temperatur seiner früheren kälteren oberen Umgebung in die wärmeren tieferen Gegenden mitbringt.

13) zu S. 53. Es sei z. B. bei b der steile Abfall eines weithin in der Richtung b a ausgedehnten Plateaus. Bohrt man nun von a und b gleich tief in die Erde, so wird bei a die Temperatur gewiß eine viel raschere Zunahme zeigen, als bei b. Nehmen wir an, a d und b c sei etwa 180′ tief, so wird in a d allenfalls schon in e eine constante Temperatur und von da bis d eine Zunahme derselben gefunden werden, während in c dieselbe noch nicht constant ist. Man sieht leicht, daß in c die Temperatur herrscht, die nicht der Tiefe b c, sondern der Tiefe f c entspricht. c mag nun wohl 180′ senkrecht unter dem Punkte b liegen, aber da es von dem nächsten Punkte der Oberfläche nur circa 60′ entfernt ist, sind die Temperaturverhältnisse dieses Punktes f maaßgebend für die Temperatur in c. Denken wir uns z. B. g h sei eine senkrechte Felsenwand, so wird man, wenn man das Bohrloch i k auch 2000′ und noch weiter treibt, nie eine constante Temperatur in demselben antreffen, wenn i k nicht über 60′ von g h entfernt ist. Bei Tiefenangaben muß man daher immer die Tiefe, d. h. die Entfernung von dem nächsten Punkte der Erdoberfläche angeben, wenn man die Gesetze über die Temperaturzunahme auf jenen Punkt anwenden will.




14) zu S. 54. Wenn wir in die Tiefe hinabbohren, so können wir wohl dabei die Verhältnisse der durchbohrten Schichten der Erdrinde wahrnehmen, haben aber gar keinen Anhaltspunkt für die der tiefer unten gelegenen, die sehr bedeutend auf die Temperatur der oberen Theile einwirken. Es sei z. B. in c eine Höhlung in der Erde, die mit Wasser angefüllt ist. Dieses Wasser wird nun, wie in einem Kessel, nach und nach eine gleichmäßige Temperatur und zwar die Temperatur des Theiles von d annehmen und dieselbe Temperatur nach und nach auch dem Theile f mittheilen. Würden wir nun von a und b aus ein Bohrloch herabtreiben, so würde die Temperatur von a nach f ebenso viel zugenommen haben, als von b nach g, d. h. fast doppelt so schnell als zwischen b g. Aehnliche, die Temperatur eines kleinen Theiles der Erdrinde ausnahmsweise erhöhende Verhältnisse lassen sich noch viele denken, die uns jene rasche Zunahme an einzelnen Orten nicht befremdend erscheinen lassen, wenn es schon in den seltensten Fällen möglich sein wird, den wahren Grund aus den mancherlei möglichen herauszufinden. Was die chemischen, Wärme erzeugenden Processe in der Erdrinde betrifft, so werden wir im nächsten Kapitel noch darauf zu sprechen kommen.




15) zu S. 55. Auch die Beobachtungen an dem Brunnen zu Grenelle ergaben ein ähnliches geometrisches Fortschreiten der Größe, nach welcher sich die Temperatur um 1 Grad erhöht zeigt. Für die ersten 677 Fuß nimmt die Temperatur um 1 Grad zu nach je 81,6 Fuß, für die nächsten 792 nach je 123 Fuß (Naumann). — Die Versuche von Bischof wurden an einer 27 Zoll im Durchmesser haltenden Kugel von geschmolzenem und langsam erkaltenden Basalt angestellt. In der äußern Hälfte betrug die Wärmezunahme 26°, in der innern, bis zum Mittelpunkte, nur 17,5°. Außen nahm also die Temperatur auf je 0,172 Zoll um 1 Grad zu, innen dagegen erst auf je 0,257 Zoll (Bischof's Wärmelehre).

16) zu S. 55. Bei San Juan auf den Anden befindet sich eine 31° C. warme Quelle in einer Höhe von 12313 F. In dem Golfstrome selbst findet sich eine Stelle, wo das Bleiloth so heiß aus der Tiefe heraufkommt, daß man es nicht in den Händen halten kann, eine Erscheinung, die sich nur durch das Hervorsprudeln einer heißen Quelle an jenem Punkte erklären läßt (Bischof).

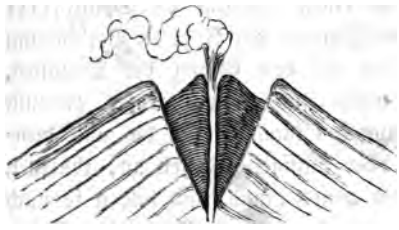
# Fünftes Kapitel.

Vulkaniſche Erſcheinungen dreierlei Art: 1) Erſcheinungen an Vulkanen; 2) Erdbeben; 3) Hebungen und Senkungen von größeren oder kleineren Ländermaſſen. Nähere Betrachtung der Erſcheinungen an Vulkanen.

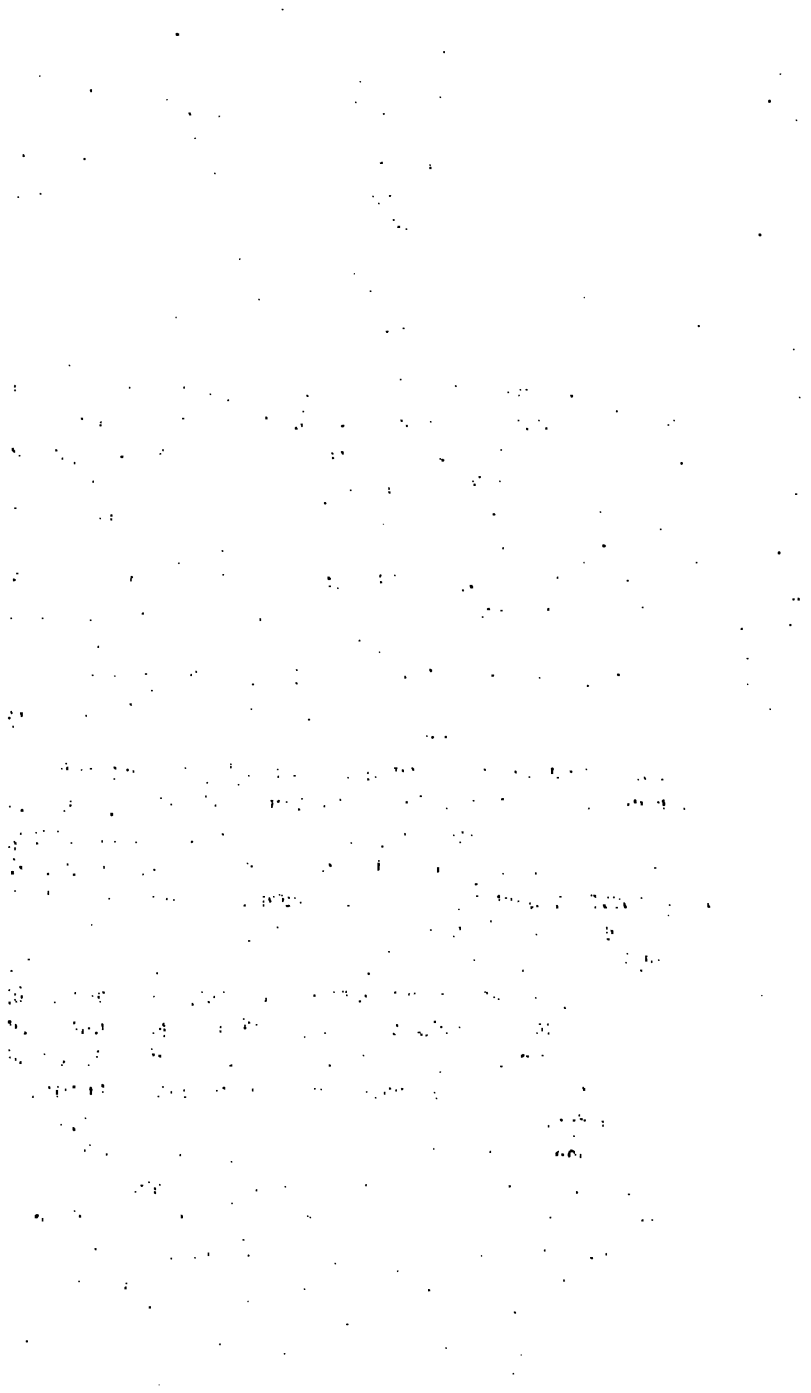
Wir hatten am Schluſſe des vorhergehenden Kapitels der vulkaniſchen Erſcheinungen gedacht und es als wahrſcheinlich ausgeſprochen, daß ſie ſämmtlich von einer allgemeinen, überall im Innern der Erde vorhandenen Urſache herrühren. Wir hatten ſie in Verbindung geſetzt mit der Zunahme der Temperatur im Inneren der Erde. Ehe wir auf ihre Erklärung eingehen, und die Urſache für dieſe beiden Phänomene, ihren Grund angeben, iſt es nöthig, eben die vulkaniſchen Erſcheinungen näher in's Auge zu faſſen. Ohne uns jetzt, wo wir bloß Thatſachen berichten wollen, auf Erklärungen einzulaſſen, bemerken wir bloß, daß wir dreierlei unter den vulkaniſchen Erſcheinungen zuſammenfaſſen und hier zunächſt betrachten wollen: 1) Die Erſcheinungen an den Vulkanen; 2) die Erdbeben; 3) Hebungen und Senkungen von größeren oder kleineren Ländermaſſen.

1) Erſcheinungen an Vulkanen. „Ein Vulkan iſt ein Berg, der durch einen auf ſeiner Höhe ausmündenden Kanal mit dem Erdinnern in Verbindung ſteht und mancherlei gaſigen, flüſſigen und feſten, beſonders aber feurigflüſſigen und geſchmolzenen Materialien zum Ausgange dient oder doch ehemals gedient hat." (Naumann.) Letztere nennt man erloſchene, erſtere thätige Vulkane, eine Unterſcheidung, die jedoch ſehr unſicher iſt, indem manche Vulkane ſo lange Pauſen zwiſchen den einzelnen Eruptionen machen, daß man ſie Jahrhunderte hindurch zu den erloſchenen zählte, bis ſie durch einen plötzlichen Ausbruch das trügeriſche und unſichere ſolcher Unterſcheidungen darthaten [1]). So gut ſich jetzt noch neue Vulkane bilden, eigentliche vulkaniſche Eruptionen zum

hebungskegel kann ſo breit werden, daß ſich ſpäter in dem Erhebungskrater ein Eruptionskegel bildet, wie die folgende Figur es veranſchaulicht. Es bedarf für jeden ſpeziellen Fall genauer Unterſuchungen, ob ein Vulkan als Erhebungskegel mit einem Eruptionskegel oder nur als letzteres anzuſehen iſt. Da durch die vielen ausgeworfenen Maſſen die Vulkane meiſt dick überſchüttet ſind, ſo kann man in den ſeltenſten Fällen ſich eine Anſicht von der eigentlichen Structur des Berges verſchaffen und daher kommt es denn auch, daß die Stimmen über die Eruptionskegel und Aufſchüttungskegel noch ſehr getheilt ſind[2]). Sehr verſchieden ſind die Dimenſionen der Vulkane, ſowohl was ihre Höhe betrifft, als auch den Durchmeſſer und die Tiefe des Kraters, die in gar keinem Zuſammenhange zu einander ſtehen. Von unterſeeiſchen Vulkanen, deren Eruptionskrater oft gar nicht oder nur für kurze Zeit über die Meeresfläche ſich aufgebaut hat, bis zu dem 21,790 Fuß hohen Aconcagua in Chili kommen alle möglichen Zwiſchenſtufen der Höhe vor. Durch die vulkaniſche Thätigkeit ſelbſt wird die Höhe eines Vulkanes oft bedeutend verändert. Oft erhöht ſich der Berg durch Vergrößerung des Eruptionskraters, oft ſtürzt ein Theil des Kraters, ja ſelbſt des ganzen Berges, durch die heftigen Exploſionen und Erſchütterungen während einer Eruption zuſammen[3]). Ebenſo ändert ſich auch die Form des Kraters dadurch ſehr ſtark, und iſt nach jeder bedeutenden Eruption eine andere. Sind die Vulkane nur einigermaßen von bedeutender Höhe, ſo haben ſie meiſtens neben dem auf der Spitze gelegenen Hauptkrater noch mehrere kleinere, tiefer an den Seitenwänden des Berges gelegene Nebenkratere, die meiſt nur momentan bei einer einzigen Eruption vulkaniſchen Gebilden den Ausweg geſtatten, und mit ganz kleinen Eruptionskegeln verſehen ſind. Nach Sartorius von Walthershauſen finden ſich an dem Aetna 700 ſolche kleine Kegel an ſeinem Abhange. Der Kraterrand iſt ſelten ganz gleich hoch, meiſt zackig, zerriſſen, an einer oder mehreren Stellen durchbrochen, manchmal jedoch vollkommen gleichmäßig. Seine Wände fallen



Erschütterungskreis
des Erdbebens
von Lissabon den
1.Nov.1755.
Azoren
Canar.I.
CapVerde
Ascension
St.Helena
Demavend
Hotschen
Peschan
Kutsch
Marianen
Sandwich.I.
Otahiti
Neue
Hebriden
Französisch
Ins.
Quito
Peru
Chili



Erschütterungskreis
des Erdbebens
von Lissabonden
1 Nov. 1755.
Azoren
Canar. J.
Cap Verde
Ascension
St Helena
Ararat
Demavend
Hotscheu
Peschan
Kutsch
Arracan
Marianen
Sandwich J.
Neue Hebriden
Freundsch Ins
Otaheiti
Jorulo
Chili
Peru
Quito

nach innen faſt ſenkrecht ab, nach außen hin weniger ſteil und ſind namentlich nach innen von einem höchſt wilden und zerriſſenen Anſehen. Der Krater ſelbſt bildet eine meiſt runde oder elliptiſche Vertiefung, deren Boden ſelten eben oder regelmäßig ſich zeigt. Meiſt zeigt er ſich von Lava- und Schlackenhügeln beſetzt, von Riſſen und Spalten, die in die Tiefe hinabführen, zerklüftet und je nach der Zeit, die ſeit der letzten Eruption verfloß, in verſchiedenem Grade das wilde und ſchreckliche ſolcher Revolutionen mehr oder weniger deutlich verrathend [4]). Wie ſchon erwähnt wurde, ſteht die Tiefe und Größe des Kraters in gar keinem Verhältniſſe zu der Höhe des Vulkans. Der Pic von Teneriffa hat bei einer Höhe von 11400 Fuß einen Krater, deſſen größter Durchmeſſer nur 600 Fuß beträgt, während der Krater des Kirauea auf einer der Sandwichinſeln bei einer Höhe des Vulkanes von nur 3650 Fuß 3/4 Meilen im Durchmeſſer und 1000 Fuß Tiefe hat [5]).

Nachdem wir ſo im Allgemeinen die äußerlichen Verhältniſſe der Vulkane kennen gelernt haben, wenden wir uns zu einer Betrachtung ihrer geographiſchen Verbreitung.

Bei den mangelhaften Kenntniſſen, die wir über einen ſehr großen Theil der Erde und namentlich auch der vulkaniſchen Gegenden haben, bei der Unſicherheit in Beziehung darauf, ob ein Vulkan erloſchen iſt, oder nicht, läßt ſich die Zahl der thätigen Vulkane nur annäherungsweiſe angeben. Es möchten deren gegenwärtig 4—500 ſein. Werfen wir einen Blick auf die beigegebene Karte, auf der die Gegenden, in welchen ſich vulkaniſche Erſcheinungen kundgeben, durch ſchwarze Striche angegeben ſind, ſo ſehen wir, daß ſich die vulkaniſche Thätigkeit auf einem ungeheueren Gürtel, durch alle Zonen, rings um den großen Ocean hauptſächlich concentrirt, daß überhaupt dieſelbe, namentlich aber gilt dies von der in den Vulkanen ſich manifeſtirenden Art derſelben, faſt ausſchließlich an Küſten der Continente oder auf Inſeln ſich zeigt. Von wirklichen Vulkanen kennen wir nur einen mit Sicherheit, den Ararat, welcher im Innern eines Continentes liegt, doch ſollen im Innern Aſien's, nach chineſiſchen Nachrichten, noch einige liegen. Dieſes wären die einzigen bis jetzt bekannten Ausnahmen [6]). Was nun die Art ihrer Anordnung in jenen Gegenden, wo wir Vulkane finden, ihre Vertheilung und Gruppirung

betrifft, so zeigt sich hier ein Gesetz, nach welchem L. v. Buch die Vulkane als Reihenvulkane und Centralvulkane unterscheidet. Die Reihenvulkane liegen in einer geraden oder wenig gebogenen Linie, einer von dem anderen durch einen größeren oder kleineren Zwischenraum getrennt. So ist z. B. die Vulkanenreihe von Chili und die von Mexico durch die gerade Richtung, in der ihre Vulkane liegen, ausgezeichnet. Erstere ist vom Yanteles bis zum Aconcagua 165, diese vom Celima bis Turila 119 geogr. Meilen lang; erstere enthält 7, letztere 24 Vulkane. Gewöhnlich sind die Reihen einfach, d. h. ein Vulkan liegt hinter dem andern, manchmal sind sie aber auch doppelt, d. h. es laufen zwei Reihen parallel neben einander, in der Weise, wie es die Punkte hier angeben : : : : Eine Reihe schließt sich oft an eine andere in der Art an, daß in derselben Richtung, nach einem längeren vulkanfreien Zwischenraume, wieder eine Reihe auftritt, oder daß zwei Reihen sich unter einem Winkel aneinander anschließen. Für den ersteren Fall liefern die Vulkane Chili's, Bolivia's und Quito's, für den zweiten die Reihe der Sundainseln und der Philippinen ein augenfälliges Beispiel. Die Centralvulkane finden sich meist isolirt auf Inseln, z. B. auf den Galopagos, den Sandwichinseln u. s. f. Auch diese lassen jedoch manchmal erkennen, daß sie nur stark unterbrochene Reihenvulkane sind [7]). Doch möchte dies durchaus nicht für alle gelten und die Unterscheidung von Reihenvulkanen und Centralvulkanen kann als eine in der Natur wohl begründete angesehen werden. Nachdem wir so die äußere Erscheinung der Vulkane betrachtet haben, wenden wir uns zu den Aeußerungen von Kräften, die an und aus ihnen zum Vorschein kommen und von jeher durch ihre furchtbare Pracht, wie durch die grauenhafte Zerstörung, die in ihrem Gefolge auftraten, sowohl die Bewunderung als den Schrecken der Menschen erregten. Man pflegt die intensiven Kräftäußerungen der Vulkane Eruptionen, Ausbrüche zu nennen, womit auch zugleich das Paroxystische und Vorübergehende dieses Grades der Thätigkeit hinlänglich bezeichnet ist. Jeder solchen paroxystischen Thätigkeit gehen mehr oder weniger heftige Vorboten voraus, die sich namentlich auch darnach richten, ob sehr lange vorher der Vulkan im Zustande völliger Ruhe war, oder nicht; Vorboten, die sich an einzelnen Vulkanen selbst wieder durch Vorzeichen ankündigen, und zu erkennen geben,

daß Alles zu dem Ausbruche bereit ſei. Solche Vorzeichen ſind am Veſuv z. B. das Verſiegen der Quellen und Brunnen der Umgegend auch bei häufigeren Regengüſſen; bei hohen, über die Schneegränze emporragenden Vulkanen hat man ſelbſt beobachtet, daß mehrere Tage vor einer Eruption die Schnee- und Eismaſſen des Gipfels ſchmolzen und dieſer ſtatt der blendenden Weiße ein unheilverkündendes Schwarz, die Farbe des entblößten Geſteines, erkennen ließ. Die Vorboten ſowohl wie die Eruptionen ſelbſt ſind außerordentlich verſchieden an Heftigkeit, und es iſt daher ſchwer, darüber für alle Ausbrüche aller Vulkane Gültiges anzugeben. Die Heftigkeit der Eruption ſcheint von der Zahl der Eruptionen und dieſe wieder von der Höhe des Berges abzuhängen. Je längere Pauſen zwiſchen zwei Ausbrüchen Statt fanden, deſto gewaltiger ſind dieſelben. Keine kam an Intenſität dem erſten bekannten des Veſuvs vom Jahre 79 und nach ihr dem vom Jahre 1631, nach einer dreihundertjährigen Ruhezeit eintretenden, weder vor- noch nachher gleich. Was den Zuſammenhang der Ausbrüche mit der Höhe der Vulkane betrifft, ſo ſcheint es, „als wären dieſe weit häufiger in den niedrigeren als in den höheren Vulkanen.“ „Während daß der niedrige Stromboli raſtlos arbeitet, wenigſtens ſeit den Zeiten homeriſcher Sagen, und, ein Leuchtthurm des tyrrheniſchen Meeres, den Seefahrern zum leitenden Feuerzeichen wird, ſind die höheren Vulkane durch lange Zwiſchenzeiten von Ruhe characteriſirt. So ſehen wir die Eruptionen der meiſten Koloſſe, welche die Andeskette krönen, faſt durch ein ganzes Jahrhundert von einander getrennt“ (A. v. Humboldt). In den Zeiten der Ruhe verſtopft ſich der Kanal, der in die Tiefe hinabführt, von dem Krater an mehr oder weniger vollkommen. Die Beſtrebungen, dieſen Kanal wieder frei zu machen, können wir als die Vorboten der eigentlichen Eruption bezeichnen. Sie äußern ſich in mehr oder weniger heftigen Erſchütterungen des Berges und der Umgegend, oft zu wahren Erdbeben ſich ſteigernd, wie dieſe von unheimlichem unterirdiſchem Getöſe, ja oft von einem donnerartigen Brüllen begleitet. In dem Kraterboden, ja durch den Berg ſelbſt bilden ſich Spalten, aus denen ziſchende Dampfwolken ſich erheben und Steine weit emporgeſchleudert werden. Die Erſchütterungen und das Getöſe wird nun immer heftiger und anhaltender, die Dampfwolken dichter und mächtiger,

aus den Spalten dringt oft ein lebhafter Feuerschein, selbst wirkliche blasse Flammen spielen um dieselben, bis endlich, meist unter einer heftigen Erschütterung des Berges, das letzte Hinderniß überwältigt, die Communication mit dem Innern hergestellt ist, und die gasigen, flüssigen Massen frei aus dem Krater hervorbrechen können.

Betrachten wir nun einen Vulkan auf der Höhe der Eruption, so bemerken wir folgende Erscheinungen an ihm: Aus dem geöffneten Krater entweicht unter donnerartigem Getöse eine ungeheuere Masse von Wasserdämpfen. In bedeutender, oft mehrere 1000 F. betragender Höhe verdichten sich diese Dampfmassen und breiten sich seitwärts zu einer dichten Wolkenmasse aus, deren Gestalt schon Plinius bei der ersten bekannten Eruption des Vesuvs im Jahre 79 mit der Form des Gipfels einer Pinie verglich. Dunkler und dichter wird diese Wolke noch durch die fein zerriebenen staubartigen Theilchen der steinartigen Auswürflinge des Vulkans, die mit und durch die Dampfmassen in die Höhe gerissen werden, sich aneinander reiben und so eine feine pulverförmige Masse, die s. g. vulkanische Asche, erzeugen, deren feinste Theilchen eben mit dem Dampfe in die Höhe geführt werden. Aus dieser Wolke zucken häufig Blitze hervor, die verdichteten Dämpfe stürzen als mächtige Regengüsse herab, ein vollkommenes heftiges Gewitter bildet sich in diesen vulkanischen Wolken. Mit den Dampfmassen und der Asche zugleich werden fortwährend eine Menge theils fester, theils flüssiger Lavamassen von der verschiedensten Größe in die Höhe gerissen. Die emporgeschleuderten und zurücksinkenden Massen stoßen prasselnd aneinander und bilden so gleichsam eine feurige Garbe, deren zerriebene staubartige Theile mit zur Bildung der Asche beitragen. Ein großer Theil wird auch in etwas schräger Richtung ausgeworfen, fällt dann auf den Kraterrand oder selbst über diesen hinaus und bildet so mit den Eruptionskegel, auch Aschenkegel genannt. Ist einmal die den Kanal verstopfende alte Masse ganz weggeräumt, ist die flüssige, wie geschmolzenes Eisen hellleuchtende glühende Lavamasse, durch welche sich fortwährend die leichteren Dampfmassen in Form großer Blasen — wie Luft aus Wasser — hindurchdrängen, Theile derselben mit emporreißend, in dem Kanal nach dem Krater zu emporgestiegen, so werden alle jene ausgeworfenen Massen von ihr grell beleuchtet,

und so hoch sich dieselben erheben, scheint eine nach oben sich ausbreitende Feuersäule vollkommen unbeweglich senkrecht über dem Krater zu stehen, wenn auch die Wolke, Steine und Asche durch Sturmwinde seitwärts über das Land hingetrieben werden. Die Lavamasse im Innern des Kanals wogt beständig auf und ab, erfüllt endlich den Krater und stürzt sich dann über den niedrigsten Theil seines Randes, oft auch durch eine Oeffnung, die sich von den fortwährenden Erschütterungen an einer andern Stelle des Berges gebildet hat. In rasender Eile stürzt sie sich, Anfangs in schmalerem Strome den steileren Abhang des Gipfels hinab, oft förmliche feurige Kaskaden bildend, wenn sie senkrechte Abstürze erreicht, weiter unten dann breitet sie sich oft Meilen weit aus und rückt langsam, unter fortwährendem Ausstoßen von Dämpfen, aber unaufhaltsam, Alles zerstörend, was sich ihr entgegensetzt, in das Thal hinab, bis ihre Quelle versiegt ist und ihr Erstarren ihre Bewegung unmöglich macht.

Dieser Zustand der Aufregung, die eigentliche Eruption, ist von außerordentlich verschiedener Dauer; manchmal schon nach Stunden tritt ein Nachlassen und Aufhören dieser gesteigerten Thätigkeit ein, oft dauert dieselbe aber Tage, auch Wochen, sogar mehrere Monate mit kurzem Nachlassen ununterbrochen fort. Zuerst hören die Lavaergüsse aus dem Berge selbst auf, wenn es überhaupt dazu gekommen ist, dann verringert sich die Menge der ausgeworfenen Massen, der Feuerschein verschwindet, die Dampfwolke verkleinert sich, der Krater verstopft sich theils durch die fest gewordene Lava, theils durch die in denselben zurückfallenden Aschen- und Steinmassen, es bleiben nur noch Spalten übrig, an die man selbst ohne große Gefahr herantreten kann, aus denen noch wie ein leichter Rauch Dämpfe, gemengt mit verschiedenen Gasarten, emporsteigen. Auch diese verschwinden, und ist die Ruhe vollkommen hergestellt, so gelingt es den atmosphärischen Einflüssen und der Vegetation oft, alle Spuren der grauenerregenden Verwüstung mit einer trügerischen Decke zu verhüllen. Unsichtbar dringen aber auch noch nach einer vollkommenen Ruhe von Jahrhunderten aus s. g. erloschenen Vulkanen Gase aus den feinen Ritzen und Poren des Bodens und verrathen so noch lange, daß die unterirdischen Gewalten noch nicht vollkommen aufgehört haben zu wirken und wohl zu erneuter Thätigkeit erwachen können.

In diesem Zustande der Ruhe, in welchem sich die thätigen Vulkane die längste Zeit über befinden, kann man alle Erscheinungen, die sie während einer Eruption erkennen lassen, aus der Nähe beobachten. Es ist nur ein gradweiser Unterschied bei vielen zwischen der Thätigkeit in dem Zustande der Eruption und der sogenannten Ruhe. Auch in diesem gewöhnlichen Zustande bemerkt man namentlich bei den niedrigeren Vulkanen, die seltener heftige Eruptionen haben, Ausstoßen von Dämpfen und Gasen, Auswerfen von steinigen und geschmolzenen Massen, selbst Ausfließen von Lava, Alles jedoch in viel geringerem Maaße und ohne so heftige Erschütterungen, wie bei eigentlichen Eruptionen. Wasserdampf ist auch hier der vorwaltende Bestandtheil, mit ihm gemengt andere flüchtige, gasige Stoffe; saure Dämpfe von schwefliger Säure, Salzsäure, Kohlensäure, brennbare Gase, wie Schwefelwasserstoff und hie und da auch reines Wasserstoffgas, hat man bestimmt nachweisen können. Die blassen, zuckenden Flämmchen, die man öfters um Kraterspalten wahrgenommen hat, mögen von der Entzündung dieser Gase herrühren, tragen aber zu Entstehung der Feuersäule über dem Krater während der Eruption nichts bei.

Nachdem wir so im Allgemeinen ein Bild der vulkanischen Thätigkeit in ihren Paroxysmen sowohl, wie im Zustande der ruhigeren Aeußerungen entworfen haben, wollen wir die einzelnen Theile dieses Bildes etwas weiter ausführen. Unter den Vorboten sind es besonders die Erschütterungen des Erdbodens mit allen ihren Folgen, welche sich besonders auffallend machen. Gewöhnlich sind sie nur auf die nächste Umgebung des Berges beschränkt. Sie entstehen durch das Andrängen der eingeschlossenen erhitzten Dämpfe und Gase gegen die ihnen den Ausweg verschließenden oder wenigstens zu sehr verengenden Massen, welche den Krater und den Kanal durch den Vulkan hinab ausgefüllt haben. Der Berg verhält sich in diesem Zustande wirklich wie eine verstopfte Kanone oder ein verschlossener Dampfkessel, deren Wände auch zersprengt werden, wenn nicht der natürliche Ausweg den Gasen und Dämpfen gestattet wird. Je nachdem nun das Hinderniß schwerer oder leichter überwunden wird, sind auch die dem endlichen Hinwegräumen desselben vorausgehenden Erschütterungen von verschiedener Intensität und Dauer, und arten oft zu heftigen Erdbeben aus, die zunächst den Vulkan selbst betreffen,

Risse von Meilen Länge in demselben erzeugen, ihn selbst seiner ganzen Länge nach spalten, auch zum Einsturze einzelner Theile desselben, namentlich seines Gipfels, Veranlassung geben. Bei dem Ausbruche des Aetna von 1669 z. B. entstand durch ein solches Erdbeben unter lautem Krachen eine 6 Fuß breite Spalte von unbekannter Tiefe, die sich den Berg hinan fast 3 geogr. Meilen in gekrümmter Linie verfolgen ließ [8]). Diese Erschütterungen sind von dem heftigsten unterirdischen Gebrülle begleitet, das die größte Aehnlichkeit mit heftigem Kanonendonner hat, und sich außerordentlich weit, selbst über 200 Meilen, in gerader Richtung von dem Vulkane fortpflanzt, und auch noch während der eigentlichen Eruption vernommen wird. Daß es nicht durch die Luft fortgeleiteter Schall ist, sondern im Innern der Erde fortgepflanzt, dafür sprechen die Fälle, wo selbst die höchsten dazwischenliegenden Gebirgsmassen den Donner nicht aufhielten, und auch sehr häufig der Schall auch an den fernsten Punkten unmittelbar aus der Erde herauskommend vernommen wurde [9]).

Ist endlich durch die heftigen Erschütterungen das Hinderniß beseitigt, der Kanal frei, so strömen die Dämpfe und Gase mit furchtbarer Gewalt, Steine und Lava mit in die Höhe reißend, aus. Der Wasserdampf ist es zunächst, welcher unsere Aufmerksamkeit erregt. Als Dampf findet er seinen Weg schon ehe der Kanal vollkommen frei ist durch die Spalten und Ritzen, die theils von früheren Zeiten her aus dem Krater in die Tiefe führen, theils in Folge der heftigen Erschütterungen beim Beginne der Eruption neu entstanden sind, und reißt mit sich fort, was in Folge der Erschütterungen und durch sein eigenes Andrängen gelockert ist. Ist nun die flüssige Lava in den Kanal getreten, so arbeiten sich stoßweise große Massen von Dampf durch diese hindurch und kommen, wie Luftblasen aus Wasser, in ungeheueren kugeligen Massen, in wirklichen ungeheueren Blasen, eine nach der andern aus dem Krater in die Luft, wo sie sich übereinander thürmen, verdichten, und nach und nach in den höheren Regionen zu jener eigenthümlich gestalteten Wolke sich zusammenballen. Durch dieses heftige Empordringen des Dampfes werden feste Massen von den Wänden des Kanales und des Kraters, aber ebenso auch Theile der flüssigen Lava, die in der Luft bald erstarren und fest werden, mit emporgerissen und oft zu einer ungeheueren Entfernung von

dem Vulkane fortgeschleudert. Diese ausgeworfenen Massen sind von außerordentlich verschiedener Größe. Felsblöcke und zusammenhängende Lavamassen von 8—10 Fuß im Durchmesser fallen oft, in schräger Richtung auffahrend, weit über den Krater hinaus; der Cotopari hat im Jahre 1833 Felsstücke von 9 Fuß Durchmesser 1¾ Meilen weit geschleudert. Die emporgerissene flüssige Lava bildet oft zusammenhängende Massen, welche die sonderbarsten Formen beim Erkalten annehmen, seilförmig gewunden, aufgebläht, an der Oberfläche rauh und zerrissen, schlackenartig sich zeigen. Die größeren zerfahren theils in der Luft, meist fallen sie wieder in den Krater zurück. Erhält eine flüssig emporgerissene Lavamasse eine rotirende Bewegung, so formt sie sich zu einer kugeligen Masse, s. g. vulkanische Bomben. Sind dieselben noch nicht ganz erstarrt, wenn sie auf die Erde auffallen, so werden sie flach gedrückt, wie eine gegen eine Wand geschossene Bleikugel. Diese Bomben sind gewöhnlich faust- bis kopfgroß, doch hat man selbst schon am Vesuv solche von 250 Pfund Gewicht gefunden.

In viel größerer Menge sind die kleineren Massen als Schlacken, Lapilli und sogenannte vulkanische Asche die Begleiter der Eruptionen. Es sind dies kleinere Stücke erstarrter Lava oder zertrümmerter Felsgesteine, meist eckig, zerrissen wie die Oberfläche gewöhnlicher Schlacken. Von der Größe einer Wallnuß an bis zu der groben Sandes heißen sie Lapilli oder Rapilli, was unter diese herabgeht, ist vulkanische Asche, die oft die Feinheit des feinsten Staubes erreicht und nur wegen ihres Aussehens (sie stellt ein feines graues oder weißliches Pulver dar) diesen Namen erhalten, sonst aber gar nichts mit der Asche gemein hat; sie ist höchst fein zermalmtes Gestein oder zerstiebte Lava [10]). Die Menge dieser Auswürflinge hängt größtentheils von der Dauer des Ausbruches ab. Sie ist oft eine ganz außerordentlich große. Man kann sich eine Vorstellung davon machen, wenn man bedenkt, daß Tage lang ununterbrochen ein wahrer Strom dieser Massen aus dem Krater im Durchmesser von 2—3000 Fuß ausgestoßen wird. Diese feineren Bestandtheile, Schlacken, Lapilli und Asche, bilden hauptsächlich den Aufschüttungskegel um den Krater herum, bei neu entstandenen Krateren oft 3—400 Fuß hohe Hügel aufschüttend, die auch als Aschenkegel öfters bezeichnet

werden. Die feine Aſche wird oft über außerordentlich weite Strecken verbreitet und iſt der Menge nach wohl der wichtigſte Beſtandtheil der Auswürflinge. Namentlich mengt ſie ſich der Dampfwolke über dem Vulkane bei und macht dieſelbe ſo dunkel und dicht, daß kein Strahl der Sonne durch dieſelbe hindurchdringen kann und Meilen weit die Gegend in vollkommene Finſterniß gehüllt iſt. Ja bei dem Ausbruche des Coſiguina 1834 war in einem Umkreiſe von 35 Meilen um den Vulkan völlige Dunkelheit verbreitet. Alle Vegetation wird zerſtört, wo dieſer Aſchenregen in nur etwas größerer Menge hinfällt; Tauſende von Quadratmeilen werden bei einem einzigen mächtigen Ausbruche in eine Wüſte verwandelt, ganze Städte und Dörfer vollkommen begraben und verſchüttet. Von Winden erfaßt wird dieſe Aſche oft auf unglaubliche Entfernungen verbreitet. Man hat nach Procopius die Aſche des Veſuv in Konſtantinopel fallen ſehen, eine Entfernung von circa 200 geogr. Meilen. In Kingston auf Jamaica fiel ſie bei dem Ausbruche des Coſiguina in einer Entfernung von 170 Meilen noch ſo reichlich, daß der ganze Himmel dadurch verdunkelt wurde [11]). Noch furchtbarer wird aber die Zerſtörung um den Vulkan herum, wenn ſich mit der Aſche die heftigen vulkaniſchen Gewitterregen zu einer teigigen, ſchlammigen Maſſe vereinigen und die Umgegend förmlich überſchwemmen. Sind nämlich jene Dampfmaſſen in der Luft verdichtet, ſo bilden ſie nicht ſelten wolkenbruchartig herabſtürzende Regengüſſe, die wie Gießbäche den Berg hinabſtürzen und oft noch durch ſchmelzende Schnee- und Eismaſſen zu wahren Waſſerfluthen anwachſen [12]). Die in ſo großer Heftigkeit dem Krater entſtrömenden Dampfmaſſen geben zu den ſtärkſten electriſchen Entladungen Veranlaſſung. „Dieſe vulkaniſchen Gewitter, wie ſie A. v. Humboldt nennt, tragen nicht wenig dazu bei, die fürchterliche Schönheit des Schauſpiels der vulkaniſchen Eruptionen zu ſteigern. Hunderte von Blitzen ſchießen nach allen Richtungen aus der Dampf- und Aſchenwolke hervor; ihre unaufhörlich rollenden Donner ſtimmen mit ein in das Brüllen und Toſen des Berges“ (Naumann) [13]).

Von Ferne betrachtet, ſteht die dunkle, oben ſich ausbreitende Dampf- und Rauchwolke auf einer oft mehrere tauſend Fuß hohen, ſenkrecht über dem Krater ſtehenden Feuerſäule. Es iſt dieſe Feuerſäule aber durchaus nicht von Flammen gebildet, ſie ver-

dankt ihren Ursprung nur den vielen, aus dem Krater emporsteigenden Massen, welche von der wie weißglühendes Eisen hellleuchtenden Lavamasse im Innern des Kanales grell beleuchtet, dieses Licht reflektiren, theilweise auch selbst durchglüht, wie ein Feuerregen wieder herabstürzen. Sie entsteht daher auch plötzlich, sowie die Decke von der Lava weggeschleudert ist. „Ein erschütternder Knall geht ihrer Erscheinung voraus, und gleich darauf reißt die glänzende Flamme Felsen senkrecht mit sich hinauf. Selbst Sturmwinde vermögen sie nicht zu beugen und während Wolken von Rauch, Asche und Steinen durch die Winde über das Land fortgeführt werden, so steht die hohe Feuersäule immer senkrecht auf dem Vulkan, und Asche und Steine fliegen horizontal an ihr vorbei" (L. v. Buch). Sollten auch brennbare Gase, wie Schwefelwasserstoff oder reiner Wasserstoff, mit beigemengt sein, so würde eine Flamme dieser Gase, welche kaum bemerkbar mit bläulichem Lichte verbrennen, vor dem intensiveren Lichte der Lava nicht bemerkt werden können.

Die bisher näher erörterten Erscheinungen hat man bei Eruptionen aller Vulkane wahrgenommen. Zum Ausfließen von Lavamassen kommt es jedoch nicht immer. Manche Vulkane der Anden haben keine Lavaströme geliefert. Die flüssige, aus dem Innern herausquellende Masse ist von den Dämpfen und Gasen zertheilt, als Schlacken, Sand und Asche gleichsam ausgespritzt worden und nicht ausgelaufen. Eben die größere Höhe des Berges, die größere Länge des Kanales, in welchem die Lava aufzusteigen hat, begünstigt dieses Zerstieben der Lava, und daher sind es gerade die höchsten Vulkane, wie die der Anden, die selten oder gar nicht Lava in einem Strom ausfließen lassen. — Sehr häufig fließt auch bei hohen Vulkanen die Lava nicht auf dem Gipfel des Berges aus, sondern aus einer Spalte, welche sich tiefer unten gebildet hat. Ist nämlich der ganze Kanal verstopft, so wirken die heftigen Erschütterungen, die furchtbar gespannten Dämpfe gleichmäßig nach allen Seiten hin, und es kommt blos darauf an, ob die schwächste, den geringsten Widerstand leistende Stelle des Berges der Gipfel ist, oder nicht. Ist ersteres der Fall, so wird auf dem Gipfel der Krater neu gebildet, ist irgend eine Seite des Berges schwächer, so wird diese zersprengt und es wird sich ein seitlicher Krater bilden, die Dämpfe, die Lava und die übrigen

Auswürflinge werden seitlich ausbrechen. In der That sind auch derartige Seitenausbrüche häufig vorkommende Erscheinungen. — Die Lava ist da, wo sie den Krater oder den neuen Eruptionskanal verläßt, in hohem Grade flüssig und stürzt daher an steilen Abhängen und im Anfange ihres Laufes mit außerordentlicher Schnelligkeit an dem Vulkane hinab, fortwährend eine Masse von Dämpfen ausstoßend, die ihre Oberfläche namentlich fortwährend blasenförmig aufwerfen und dadurch ein höchst rauhes zerrissenes Aussehen derselben hinterlassen. Nach und nach überzieht sie sich mit einer Schlackenkruste, unter der die Masse noch fortglüht und flüssig bleibt. Diese Schlackenkruste zerreißt und zerberstet zu Schollen, die, wie Eismassen auf einem Strome, von der unter ihnen fließenden Lavamasse mit fortgetragen werden. Zugleich wird auch die ganze Masse weniger leicht flüssig, teigartig, nnd bewegt sich dann viel langsamer in breiterem und tieferem Strome abwärts und vorwärts. — Die Schnelligkeit, mit welcher sich die Lava vorwärts bewegt, hängt theils von dem Grade ihrer Flüssigkeit, theils von der Neigung und Beschaffenheit des Bodens, über welchen sie sich ergießt, und von der Menge und Schnelligkeit ab, in der sie aus dem Krater herausgepreßt wird. Darnach richtet sich auch wieder die Form, welche sie bei dem völligen Erstarren annimmt. Daß in allen diesen Verhältnissen außerordentliche Verschiedenheiten herrschen, leuchtet wohl ein, und eben deßwegen ist es nicht möglich, die verschiedenen Zwischenstufen zwischen den verschiedenen Ausbildungsformen der Lava zu schildern, die eben davon abhängen.

Einige Beispiele mögen die außerordentlichen Differenzen in dieser Beziehung darthun. Die Lava, welche am 12. August 1805 dem Vesuv entströmte, schoß, nach L. v. Buch, mit Windesschnelle über den Kegel bis in die Weinberge hinab, verbreitete sich auch weiterhin mit einer ganz außerordentlichen Schnelligkeit und erreichte in drei Stunden die Straße des am Meere gelegenen Torre del Greco. In den ersten vier Minuten legte sie, wie Melograni berichtet, auf einem nicht stark geneigten Boden 3/4 Meilen zurück *). — Im Thale, und bei geringer Menge auch schon an dem Berge selbst, fließt sie aber in anderen Fällen mit eben so erstaunlicher Langsamkeit. Scrope sah einen Lavastrom des Aetna

*) Hoffmann, hinterlassene Werke II. 545.

1819 noch neun Monate nach dem Ausbruche sich vorwärts bewegen, jedoch nur um 3 Fuß alle Stunden [14]).

Auch in der Form, welche die Lava bei dem Erkalten annimmt, zeigt sich, selbst bei einem und demselben Strome, eine eben so große Verschiedenheit. Während sie in dem obersten, schnellsten Theile ihres Laufes zu unregelmäßigen, langgezogenen, blasig zerrissenen Schlackenbrocken sich gestaltet, bildet sie in ihrem untersten Theile, wo sie in dicken Massen sich angehäuft hat, eine vollkommen steinige feste Masse, die höchstens an ihrer Oberfläche noch etwas rauh und porös erscheint. Zwischen diesen beiden Extremen kommen nun wiederum alle möglichen Zwischenstufen vor. Das rauhe, zerrissene Ansehen der Oberfläche, die Blasen und Höhlungen im Innern der Lavamassen rühren hauptsächlich von den in der Lava eingeschlossenen und entweichenden Dämpfen und Gasen her. Aus allen Spalten und Ritzen dringen nämlich eine Menge Dämpfe, welche, wie die aus dem Krater emporsteigenden, wesentlich aus Wasserdampf bestehen und als unzählige s. g. Fumarolen aus allen Theilen des Lavastromes hervorbrechen. Je weiter sich der Strom vorwärts bewegt, desto mehr nehmen dieselben natürlich ab, doch sieht man sie hie und da an einzelnen Stellen Jahre lang aufsteigen. Sie sind es hauptsächlich, welche der Oberfläche eines Lavastromes durch ihr Hervorbrechen und Austreten aus demselben ein so zerrissenes Ansehen geben und die schon etwas zäh gewordene Masse manchmal zu den wunderlichsten pyramidenartigen Gestalten hoch aufblähen. Auch im Innern bedingen sie Blasen, die bei einiger Zähigkeit der Lava beim Vorwärtsbewegen in der Richtung des Stromes lang gezogen erscheinen. Oft sammeln sich die Dämpfe in größerer Menge im Innern an und bilden so kleinere Höhlen von 6—8 Fuß Durchmesser, oft blähen sie die Decke des Stromes gewölbeartig auf; die flüssige Lava fließt unter demselben weiter und so hat man schon außerordentlich lange Höhlen und Grotten in Lavaströmen angetroffen. Auf Island findet sich eine solche in einem Strome des Balda-Jökul, die an 5000 Fuß lang ist [15]).

Da sich der Lavastrom sehr rasch mit einer dicken Schlackenkruste bedeckt, die ihn von allen Seiten einschließt, und die Wärme außerordentlich wenig leitet, so bleibt die innerhalb dieser Rinde wie in einem sich stets verlängernden Sacke fortfließende Lava sehr

lange flüſſig und beweglich. Die außerordentliche Hitze, welche die flüſſige Lava hat, kann man ſehr gut aus den Wirkungen erkennen, die ſie auf die Gegenſtände ausübt, mit denen ſie in Berührung kommt, wenn ſie z. B. in Häuſer einbricht. Bäume, Sträucher, die ſie auf ihrem Laufe trifft, lodern in kurzer Zeit in hellen Flammen auf. Als das Karmeliterkloſter bei Torre del Greco von dem Lavaſtrome des Jahres 1737 erreicht wurde, ſchmolzen die gläſernen Gefäße, die nicht einmal mit der Lava in unmittelbare Berührung gekommen waren, von der Gluth, welche ſich durch ſie in dem Gemache verbreitete, worin ſie ſtanden. Lavahügel älterer Ströme hat man ebenfalls von friſchen vollkommen zuſammenſchmelzen ſehen [16]). Für die lange Dauer der Beweglichkeit und der Hitze der Lavaſtröme hat man viele Beiſpiele geſammelt. Ein Lavaſtrom des Aetna vom Jahre 1614 war nach Borelli zehn Jahre lang in Bewegung, legte aber in dieſer Zeit nur ½ Meile zurück. Auch wenn ſie außen ſchon kalt iſt, herrſcht im Innern oft noch Glühhitze, ja man kann ſelbſt über einen noch fließenden Lavaſtrom ohne Gefahr hinwegſchreiten, indem die dicke Schlackenkruſte die innere Hitze nur in geringem Maaße an die Oberfläche gelangen läßt. Hamilton, der die Eruption vom Jahre 1779 näher beobachtete, hatte ſich dem Lavaſtrome ſehr genähert, als ſich plötzlich der Wind drehte und ihm die unerträglichſte Hitze und den erſtickenden Dampf in's Geſicht wehte. Die Localität ließ ein Zurückweichen nicht zu und ſo ſchritt er denn auf den Rath ſeines Führers über den 60 Fuß breiten Strom, nur 1000 Schritte von deſſen Ausbruchsort, hinüber, ohne mehr als eine allerdings ſehr empfindliche Hitze an ſeinen Füßen zu empfinden *). Derſelbe Beobachter warf in die Spalte eines Lavaſtromes vom Veſuv 3½ Jahr nach deſſen Eruption einige Stücke Holz, die ſogleich hell aufloderten. Die im Jahre 1759 aus dem damals neu entſtandenen Vulkane Jorullo in Mexico hervorgebrochene Lava zeigte nach einem halben Jahrhunderte noch eine ſehr bedeutende Wärme; 21 Jahre nach ihrem Ausbruche konnte man in ihren Spalten noch Cigarren anzünden und im Jahre 1846, alſo nach 87 Jahren, ſah E. Schleiden noch zwei Fumarolen aus ihr aufſteigen [17]). Die Menge der Lava, welche

*) Hoffmann, a. a. O. p. 552.

einen Strom bildet, ist eine äußerst verschiedene. Wir haben schon erwähnt, daß alle geschmolzene Masse zuweilen in Fragmenten in die Luft geschleudert wird, nicht zum Ausfließen kommt, andere Eruptionen haben kleine Ströme von einer Länge von wenig 100 Fuß geliefert, deren Breite nicht einmal 100, deren Dicke nur 6 Fuß betrug; dagegen kennt man Ströme, die 10 Meilen lang, 3 Meilen breit und stellenweise mehrere 100 F. dick waren [18]). Kommen viele große Ströme aus einem Vulkane, so wird dadurch natürlich nach und nach eine bedeutende Erhöhung und Veränderung der Oberfläche der Erde um den Vulkan herum zu Stande gebracht. So erstreckt sich eine ununterbrochene Lavaablagerung vom Berge Skjaldebreid an auf Island bis zum Cap Reykjanes über 20 geogr. Meilen lang und zuweilen 4—5 Meilen breit, und Lavafelder von noch größerem Umfange erscheinen in vielen anderen Gegenden, zumal im Inneren der Insel [19]).

Auf die mineralogische und chemische Zusammensetzung der Laven werden wir später bei der Betrachtung der Gesteine, welche die Rinde der Erde zusammensetzen, näher eingehen.

Solche bedeutende Mengen von steinigen Massen, welche aus den Vulkanen als Schlacken, Lapilli, Asche und Lava auf die Oberfläche der Erde aus deren Innerem gelangen, müssen natürlich nach und nach große Höhlungen in der Umgegend der Vulkane, über welchen diese mit den benachbarten Theilen der Erdrinde wie die Decke eines Gewölbes stehen, erzeugen. In Folge der heftigen Erschütterungen, welche eine vulkanische Eruption begleiten, kommt es daher auch manchmal vor, daß nicht nur ein Theil des Berges einstürzt und in sich selbst versinkt, sondern auch mehr oder weniger weit um denselben herum die Ebene sich senkt und, wenn dies nahe dem Meere geschieht, auch unter Wasser gesetzt wird. Von mehreren Vulkanen Südamerika's, von dem Aetna sind solche Ereignisse bekannt. Das großartigste hat wohl eine Eruption des Papandayang auf Java geliefert, in Folge deren 1772 der Berg in sich zusammenstürzte und die benachbarte Gegend versank. Die Höhe des Berges wurde von 9000 auf ungefähr 5000 Fuß reducirt, und eine Fläche von 15 engl. Meilen Länge und 6 Meilen Breite dabei verschlungen*). In solchen

*) Lyell, Grundsätze der Geologie II. p. 507.

Höhlungen und Spalten der Vulkane sammeln sich öfters allmälich bedeutende Massen von Wasser an und bilden so unterirdische Höhlen, die mit Quellen und Bächen communiciren, selbst Fische enthalten, und, bei neuen Eruptionen sich entleerend, oft zu heftigen Ueberschwemmungen Veranlassung geben, weßhalb Vulkane, an denen diese Erscheinungen öfter beobachtet wurden, wie dies namentlich in Amerika der Fall ist, schon von den alten Spaniern als Wasservulkane (Volcanes de agua) bezeichnet wurden [20]). Diese Wasserergüsse sind nicht zu verwechseln mit den heftigen, welche theils in Folge der vulkanischen Regengüsse aus der Verdichtung des Dampfes, theils auch durch Schmelzen von Schnee- und Eismassen auf dem Gipfel des Vulkanes veranlaßt werden. Kommen diese dreierlei verschiedenen Wasserergüsse alle oder auch nur zu zweien zusammen, so werden die Ueberschwemmungen, welche sie hervorrufen, nur um so furchtbarer [21]).

Wir haben schon die verschiedene Dauer einer Eruption erwähnt; daß sie fast ununterbrochen (wie am Skäptar-Jökul) zwei Jahre dauern kann, daß sie aber auch oft nur ein Paar Tage währt und der Vulkan dann nach und nach in den Zustand der Ruhe zurückkehrt. Sämmtliche Erscheinungen werden schwächer und hören allmälig fast ganz auf. Es finden so ganz unmerkliche Uebergänge von einem sogenannten thätigen Vulkane im Zustande der Eruption zu dem der Ruhe und von diesem zu den von uns sogenannten erloschenen Vulkanen Statt.

Aushauchung von Gasen und Dämpfen ist das am letzten verschwindende Zeichen vulkanischer Thätigkeit bei allen Vulkanen. Namentlich viele kleinere Vulkane zeigen jedoch auch im Zustande der Ruhe fast alle bisher erörterten Eruptionserscheinungen im geringen Grade und die Beobachtung dieser Erscheinungen in der Nähe giebt ein deutliches Bild von dem Mechanismus der vulkanischen Thätigkeit im Großen. Sehr schön hat Fr. Hoffmann diese Erscheinungen an dem kleinen Vulkane von Stromboli nach eigener Beobachtung geschildert. Auf dem steilen Kraterrande stehend, dessen eine Hälfte weggebrochen war, konnte er in der Tiefe des Kanales die wie geschmolzenes Eisen glänzende Lavamasse erblicken, wie sie stoßweiße immer höher und höher heraufrückte, nach jedem solchen Rucke eine große Dampfblase entweichen ließ, die Schlacken und rothglühende Lavamassen mit emporriß,

Menge und dem Anhalten des Ausſtrömens von Dampf und Gaſen ſtehen, der ſich namentlich im Kleinen durch die in der 22. Note ausführlich mitgetheilten Beobachtungen Hoffmann's an Stromboli's Vulkan ſo deutlich zeigt. Darüber, daß der erhitzte Dampf mit den Gaſen das Agens bei den vulkaniſchen Eruptionen iſt, ſind auch alle Stimmen vollkommen einverſtanden, nur darüber, was dieſe Dämpfe und Gaſe ſo bedeutend erhitze, durch was jene unterirdiſchen Dampfkeſſel geheizt werden, ſind noch verſchiedene Anſichten. Ehe wir auf dieſe Verſchiedenheit eingehen, wollen wir noch die übrigen von uns zu den vulkaniſchen gerechneten Erſcheinungen näher betrachten.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum fünften Kapitel.

[1]) zu S. 65. So war z. B. der Vesuv so lange ohne alle Spur von Thätigkeit, daß nicht einmal eine Erinnerung an frühere Eruptionen in Italien vorhanden war. Die erste, von der wir Kunde haben, ist die vom Jahre 79 n. Chr. Von da an dauerten die Eruptionen, mehr oder weniger durch Pausen unterbrochen, fort bis zum Anfang des 14. Jahrhunderts. Von da an schien er wieder erloschen, denn fast volle 300 Jahre hörten alle Zeichen vulkanischer Thätigkeit auf, bis plötzlich die heftige Explosion vom Jahre 1631 bewies, wie unrecht man daran thue, auch nach so langer Ruhezeit einen Vulkan für erloschen zu erklären. Der Epomeo auf der Insel Ischia hatte seine letzte Eruption im Jahre 1302 und man ist geneigt, ihn zu den erloschenen Vulkanen zu zählen. Seine vorletzte Eruption hatte dieser Vulkan aller Wahrscheinlichkeit nach 1700 Jahre vor der letzten, so daß wir mit dem Worte „erloschener Vulkan" nur das bezeichnen können, daß ein solcher seit langer Zeit keinen Ausbruch mehr gehabt hat.

[2]) zu S. 68. L. v. Buch nimmt für alle Vulkane an, daß sie einen Erhebungskegel besäßen. Lyell will dagegen keinen gelten lassen und alle als Eruptionskegel auffassen. (Lyell, on craters of denudation. The quaterly Journ. of the geolog. Society of Lond. Vol. VI. N. 23.) Es würde zu weit führen, auf die Gründe dafür und dawider näher einzugehen; in Beziehung auf die Thätigkeit der vulkanischen Kräfte ist diese Frage auch ohne besondere Wichtigkeit. Die Wahrheit scheint übrigens auch hier in der Mitte zu liegen. Daß es bloße Aufschüttungskegel giebt, ist eine bekannte Thatsache, für die z. B. die Entstehung des Monte nuovo und unterseeische Ausbrüche den Beweis liefern. Aber ebenso giebt es wirklich Fälle solcher Emportreibung, wie sie L. v. Buch annimmt. Wir werden für Beides später noch Beispiele anführen.

[3]) zu S. 68. Von dem Vesuv und Aetna haben wir viele Höhenmessungen aus verschiedenen Zeiten, woraus diese Veränderlichkeit der Höhe sich ergiebt. So war die Höhe

| | | | |
|---|---|---|---|
| des Vesuv | 1749: 3120 Fuß, | des Aetna | 1819: 10340 Fuß. |
| | 1822: 3830 „ | | 1832: 10200 „ |
| | 1832: 3640 „ | | 1834: 10160 „ |
| | 1846: 3700 „ | | |

Von einigen amerikanischen und javanischen Vulkanen werden ebenso Eruptionen angeführt, welche die Höhe derselben um mehrere Tausend Fuß verringerte.

[4]) zu S. 69. Beispiele von sehr regelmäßiger Form des Kraters giebt der Vulkan der Insel St. Eustatius (einer der kleinen Antillen) und der erloschene kleine Puy de Dôme in der Auvergne. Dieser Regelmäßigkeit wegen hat jener im Volksmunde den Namen Punchbowl, dieser Nid de la poule erhalten. Die Unregelmäßigkeiten und Unebenheiten des Kraterbodens sind unmittelbar nach einer Eruption am stärksten. Nach und nach werden die Unebenheiten durch die Einwirkung von Wind und Regen auf dieselben geringer, die Spalten ausgefüllt und bei langen Pausen trägt auch die sich bald einfindende Vegetation dazu bei, die wilde Scene der Zerstörung dem Auge weniger sichtbar zu machen. — So bildete vor dem Ausbruche des Vesuvs im Jahre 79 der Krater eine große, flache, mit wildem Wein überwachsene Einsenkung, in der Spartacus mit 10,000 Mann lagerte, und in der langen Pause vom 14—17. Jahrhunderte füllte sich der Krater ebenfalls mit Gras und Buschwerk, und Eichen und Kastanien wuchsen umher, jede Spur des früheren Zustandes verhüllend, bis auf ein paar Löcher, welche durch die Wärme des in ihnen stehenden Wassers allein noch an den Ausfluß glühender Massen und an die Natur des Berges erinnerten.

5) zu S. 69. Aus folgender Tabelle (nach Naumann) sind die Verhältnisse der Kratere zu den Vulkanen aus mehreren Beispielen zu ersehen:

| Name des Vulkans. | Höhe desselben. | Durchmesser des Kraters | Tiefe |
|---|---|---|---|
| Volkano (Liparische Inseln) . . . . | 1224 Fuß | 3000 Fuß | 600 Fuß |
| Stromboli . . . . . | 2775 „ | 2000 „ | |
| Vesuv . . . . . | 3600 „ | 2300 „ | |
| Kirauea auf Hawai . . . . . | 3650 „ | 3/4 Meile | 1000 „ |
| Aetna . . . . . | 10200 „ | 1500 Fuß | |
| Pic von Teneriffa . . . . . | 11400 „ | 600 „ | 120 „ |
| Mauna Roa auf Hawai . . . . . | 12690 „ | 2/5 Meile | 1200 „ |
| Toluca in Mexiko . . . . . | 14220 „ | 3000 Fuß | 1150 „ |
| Klutschewskaja-Sopka (Kamtschatka) | 14790 „ | 2220 „ | |
| Popokatepetl in Mexiko . . . . . | 16626 „ | 5000 „ | 1000 „ |
| Pichincha bei Quito . . . . . | 17650 „ | 5000 „ | 1500 „ |

6) zu S. 69. Wegen der Geographie der Vulkane müssen wir auf ausführlichere Werke verweisen, in denen dieselben geschildert sind. Vor Allem ist hier L. v. Buch's Beschreibung der Canarischen Inseln zu nennen, worin pag. 328 ꝛc. eine sehr ausführliche Zusammenstellung aller Vulkane enthalten ist; dann Berghaus's allgemeine Länder- und Völkerkunde. Ebenso findet sich eine genaue Schilderung der wichtigsten Vulkane in v. Leonhard's populären Vorlesungen über Geologie, Bd. V., und in Daubeny, die Vulkane, Erdbeben und heißen Quellen, bearbeitet von G. v. Leonhard. Eine sehr gute, kurze Zusammenstellung findet sich auch in Naumann's Lehrbuch der Geognosie I. p. 91 bis 115. Die ausgezeichneten Karten in Berghaus's physikalischem Atlas und v. Leonhard's Vulkanenatlas geben eine sehr gute Uebersicht über das Vorkommen derselben. — Europa ist sehr arm an Vulkanen, ein Theil des mittelländischen Meeres und die Insel Island sind die einzigen Gegenden, wo jetzt noch thätige Vulkane angetroffen werden. Ebenso sind für Afrika noch jetzt thätige Vulkane nur auf den Inseln sicher nachgewiesen, mit Ausnahme eines Vulkanes Dofane, der in Abyssinien liegt und noch gegenwärtig thätig sein soll. In größerer Menge sind schon die Inseln um Afrika mit Vulkanen versehen, die Azoren, Canarischen, Capverdischen Inseln, Ascension, Tristan da Cunha, Bourbon sind alle vulkanischer Natur. Am großartigsten ist jedoch die vulkanische Thätigkeit rings um den großen Ocean in Amerika, Asien und Neuholland entwickelt, so daß man dieselben als eine ungeheuere Vulkanenreihe ansehen kann, mit der sich an einzelnen Stellen andere Reihen kreuzen und sich verbinden. Namentlich ist es die nördliche und westliche Hälfte dieses Gürtels, welche außerordentlich reich an Vulkanen, namentlich auf den asiatischen Inseln ist. — Auf den Aleuten sind 36 Vulkane; an diese schließen sich die der Halbinsel Kamtschatka, auf der Erman 21 thätige Vulkane namentlich aufgeführt fand, die Kurilen mit 20 Vulkanen, die japanischen Inseln, die sehr wenig bekannt sind, aber doch auch einige Vulkane haben wahrnehmen lassen. Durch die Insel Formosa, die Philippinen und Molukken setzt sich die Reihe fort und stößt auf die im Allgemeinen von Westen nach Osten laufende Reihe der Sundainseln, die über Sumatra hinaus nach Nordwesten in den Meerbusen von Bengalen sich erstreckt und namentlich auf der Insel Java, wo gegen 38 Vulkane erwähnt werden, am mächtigsten entwickelt ist. Von da ist sie über Neuguinea, über die Neuen Hebriden bis nach Neuseeland zu verfolgen. — Der östliche Theil dieses Gürtels ist weniger reich an Vulkanen, als der westliche. In Südamerika auf der Insel Feuerland beginnend, ist er an der Westküste dieses Continentes dreimal unterbrochen und so in drei Reihen, von Chili, Bolivia und Quito zertheilt, die 24, 8 und 17 Vulkane enthalten. — Sehr reich ist

wieder Centralamerika an thätigen Vulkanen, wo man bis jetzt 38 Vulkane kennt, deren Verlängerung auf den Vulkan Popocatepetl in Mexiko trifft, von dem aus eine ostwestlich verlaufende Reihe 6 Vulkane enthält. — Der nördlichere Theil der Westküste Nordamerika's ist noch wenig bekannt; 7 Vulkane werden bis jetzt auf diesem Gebiete erwähnt, deren vulkanische Thätigkeit jedoch noch nicht für alle durch Beobachtung festgesetzt ist. — Außer dieser großen Reihe sind noch kleinere Reihen auf der Karte angegeben, z. B. die der kleinen Antillen, der Freundschaftsinseln, der Marianen, welche letzte man als einen Zweig des großen Gürtels, der sich von Nipon an abzweigt, ansehen kann. — Als Centralvulkane sind die Vulkane der Galopagos-, Sandwich-, Societätsinseln u. a. anzusehen, ebenso die vier in den Südpolarländern entdeckten. (Zwei hat Roß nach seinen Schiffen Erebus und Terror genannt, deren einer in voller Thätigkeit war und die 11700 und 10200 Fuß hoch sind und in der Nähe von Victorialand unter $77\frac{1}{2}^0$ SB. liegen; einer wurde von Bellinghausen an der Küste von Alexandersland unter $69^0$, der vierte von Balleny unter $66^0$ auf der Youngsinsel gefunden.

[7]) zu S. 70. Denkt man sich z. B. durch die Reihe der mexikanischen Vulkane eine gerade Linie gezogen, so trifft dieselbe östlich verlängert auf den nördlichsten Vulkan der kleinen Antillen, westlich dagegen auf die vulkanischen Revillagigedos- und Sandwichinseln.

[8]) zu S. 75. Wir haben ein Beispiel für eine solche Spaltenbildung nach Lyell (Grundsätze der Geologie II. 357) angegeben. Sie sind eine sehr häufige Erscheinung bei allen Eruptionen. Ein für die ungeheuere Gewalt dieser Erschütterungen zeugendes Beispiel lieferte die Eruption des Aetna von 1832, bei der sich eine Spalte bildete, auf deren Westseite die Oberfläche des Berges um 3 Fuß höher zu liegen kam, als die Ostseite.

[9]) zu S. 75. Bei der großen Eruption des Cotopaxi 1744 wurde das Getöse in der Stadt Honda am Magdalenenfluß wie ein unterirdischer Kanonendonner gehört; Honda liegt aber 109 Meilen nördlich vom Cotopaxi, 17000 Fuß unter dem Gipfel desselben und wird durch die gewaltigen Gebirgsmassen von Quito, Pasto und Popayan sowie durch zahllose Thäler von ihm getrennt, weshalb gewiß nicht an eine Fortpflanzung des Schalles durch die Luft zu denken ist. — Die Detonationen bei dem 1834 erfolgten fürchterlichen Ausbruche des nur 500 Fuß hohen Cosiguina in Nicaragua wurden in Kingston auf Jamaica und sogar zu Santa Fé de Bogota in Südamerika so stark wie der Donner eines nahe stehenden Gewitters vernommen; Santa Fé liegt aber von Cosiguina 230 Meilen entfernt, also weiter als Madrid oder Moskau von Leipzig. — Als der Vulkan Tomburu auf Sumbava im April 1815 seine Eruption begann, da wurden die ersten Detonationen in der 95 Meilen entfernten Stadt Djokjokarta auf der Insel Java wie entfernte Kanonenschüsse gehört, so daß eine Truppenabtheilung aufbrach, in der Meinung, ein benachbarter Militärposten sei angegriffen worden, wogegen man an der Küste die Nothschüsse von Schiffen gehört zu haben glaubte und daher Schiffe aussandte, um Hülfe zu bringen. Während der Dauer des Ausbruchs schien auf Java das Getöse überall so in der Nähe zu sein, daß man es an jedem Orte von dem zunächst gelegenen Vulkane ableiten zu müssen glaubte. Das Getöse derselben Eruption wurde übrigens in Sumatra sogar bis auf 240 Meilen Entfernung deutlich vernommen. (Raumann, a. a. O. I. 133.) — Auf der beigegebenen Karte sind die Kreise, innerhalb welcher die Detonationen dieser beiden Vulkane vernommen wurden, angegeben.

[10]) zu S. 76. Ueber den Ursprung der vulkanischen Asche namentlich, aber auch über den der Lapilli sind zum Theil sehr sonderbare Hypothesen aufgestellt worden. Daß sie wirklich aus Lavamasse besteht, zeigt die chemische Analyse, aber über den Mechanismus ihrer Bildung herrschen zum Theil noch verschiedene Ansichten. Es ist gewiß, daß das heftige Aneinanderreiben und Stoßen der auffliegenden und zurückfinkenden Massen zur Zertrümmerung und Zerstäubung derselben Vieles beitrage; durch den herausdringenden Dampf werden ebenfalls

5) zu S. 69. Aus folgender Tabelle (nach Naumann) ſind die Verhältniſſe der Kratere zu den Vulkanen aus mehreren Beiſpielen zu erſehen:

| Name des Vulkans. | Höhe deſſelben. | Durchmeſſer des Kraters | Tiefe |
|---|---|---|---|
| Volkano (Lipariſche Inſeln) . . . . | 1224 Fuß | 3000 Fuß | 600 Fuß |
| Stromboli . . . . . | 2775 „ | 2000 „ | |
| Veſuv . . . . . | 3600 „ | 2300 „ | |
| Kiranea auf Hawai . . . . . | 3650 „ | 3/4 Meile | 1000 „ |
| Aetna . . . . . | 10200 „ | 1500 Fuß | |
| Pic von Teneriffa . . . . . | 11400 „ | 600 „ | 120 „ |
| Mauna Roa auf Hawai . . . . . | 12690 „ | 2/5 Meile | 1200 „ |
| Toluca in Mexiko . . . . . | 14220 „ | 3000 Fuß | 1150 „ |
| Klutſchewskaja-Soyka (Kamtſchatka) | 14790 „ | 2220 „ | |
| Popokatepetl in Mexiko . . . . . | 16626 „ | 5000 „ | 1000 „ |
| Pichincha bei Quito . . . . . | 17650 „ | 5000 „ | 1500 „ |

6) zu S. 69. Wegen der Geographie der Vulkane müſſen wir auf ausführlichere Werke verweiſen, in denen dieſelben geſchildert ſind. Vor Allem iſt hier L. v. Buch's Beſchreibung der Canariſchen Inſeln zu nennen, worin pag. 328 ꝛc. eine ſehr ausführliche Zuſammenſtellung aller Vulkane enthalten iſt; dann Berghaus's allgemeine Länder- und Völkerkunde. Ebenſo findet ſich eine genaue Schilderung der wichtigſten Vulkane in v. Leonhard's populären Vorleſungen über Geologie, Bd. V., und in Danbeny, die Vulkane, Erdbeben und heißen Quellen, bearbeitet von G. v. Leonhard. Eine ſehr gute, kurze Zuſammenſtellung findet ſich auch in Naumann's Lehrbuch der Geognoſie I. p. 91 bis 115. Die ausgezeichneten Karten in Berghaus's phyſikaliſchem Atlas und v. Leonhard's Vulkanenatlas geben eine ſehr gute Ueberſicht über das Vorkommen derſelben. — Europa iſt ſehr arm an Vulkanen, ein Theil des mittelländiſchen Meeres und die Inſel Island ſind die einzigen Gegenden, wo jetzt noch thätige Vulkane angetroffen werden. Ebenſo ſind für Afrika noch jetzt thätige Vulkane nur auf den Inſeln ſicher nachgewieſen, mit Ausnahme eines Vulkanes Doſane, der in Abyſſinien liegt und noch gegenwärtig thätig ſein ſoll. In größerer Menge ſind ſchon die Inſeln um Afrika mit Vulkanen verſehen, die Azoren, Canariſchen, Capverdiſchen Inſeln, Ascenſion, Triſtan da Cunha, Bourbon ſind alle vulkaniſcher Natur. Am großartigſten iſt jedoch die vulkaniſche Thätigkeit rings um den großen Ocean in Amerika, Aſien und Neuholland entwickelt, ſo daß man dieſelben als eine ungeheuere Vulkanenreihe anſehen kann, mit der ſich an einzelnen Stellen andere Reihen kreuzen und ſich verbinden. Namentlich iſt es die nördliche und weſtliche Hälfte dieſes Gürtels, welche außerordentlich reich an Vulkanen, namentlich auf den aſiatiſchen Inſeln iſt. — Auf den Aleuten ſind 36 Vulkane; an dieſe ſchließen ſich die der Halbinſel Kamtſchatka, auf der Erman 21 thätige Vulkane namentlich aufgeführt fand, die Kurilen mit 20 Vulkanen, die japaniſchen Inſeln, die ſehr wenig bekannt ſind, aber doch auch einige Vulkane haben wahrnehmen laſſen. Durch die Inſel Formoſa, die Philippinen und Molukken ſetzt ſich die Reihe fort und ſtößt auf die im Allgemeinen von Weſten nach Oſten laufende Reihe der Sundainſeln, die über Sumatra hinaus nach Nordweſten in den Meerbuſen von Bengalen ſich erſtreckt und namentlich auf der Inſel Java, wo gegen 38 Vulkane erwähnt werden, am mächtigſten entwickelt iſt. Von da iſt ſie über Neuguinea, über die Neuen Hebriden bis nach Neuſeeland zu verfolgen. — Der öſtliche Theil dieſes Gürtels iſt weniger reich an Vulkanen, als der weſtliche. In Südamerika auf der Inſel Feuerland beginnend, iſt er an der Weſtküſte dieſes Continentes dreimal unterbrochen und ſo in drei Reihen, von Chili, Bolivia und Quito zertheilt, die 24, 8 und 17 Vulkane enthalten. — Sehr reich iſt

wieder Centralamerika an thätigen Vulkanen, wo man bis jetzt 38 Vulkane kennt, deren Verlängerung auf den Vulkan Popocatepetl in Mexiko trifft, von dem aus eine ostwestlich verlaufende Reihe 6 Vulkane enthält. — Der nördlichere Theil der Westküste Nordamerika's ist noch wenig bekannt; 7 Vulkane werden bis jetzt auf diesem Gebiete erwähnt, deren vulkanische Thätigkeit jedoch noch nicht für alle durch Beobachtung festgesetzt ist. — Außer dieser großen Reihe sind noch kleinere Reihen auf der Karte angegeben, z. B. die der kleinen Antillen, der Freundschaftsinseln, der Marianen, welche letzte man als einen Zweig des großen Gürtels, der sich von Nipon an abzweigt, ansehen kann. — Als Centralvulkane sind die Vulkane der Galopagos-, Sandwich-, Societätsinseln u. a. anzusehen, ebenso die vier in den Südpolarländern entdeckten. (Zwei hat Roß nach seinen Schiffen Erebus und Terror genannt, deren einer in voller Thätigkeit war und die 11700 und 10200 Fuß hoch sind und in der Nähe von Victorialand unter $77\frac{1}{2}^0$ SB. liegen; einer wurde von Bellinghausen an der Küste von Alexandersland unter $69^0$, der vierte von Balleny unter $66^0$ auf der Youngsinsel gefunden.

[7]) zu S. 70. Denkt man sich z. B. durch die Reihe der mexikanischen Vulkane eine gerade Linie gezogen, so trifft dieselbe östlich verlängert auf den nördlichsten Vulkan der kleinen Antillen, westlich dagegen auf die vulkanischen Revillagigedos- und Sandwichinseln.

[8]) zu S. 75. Wir haben ein Beispiel für eine solche Spaltenbildung nach Lyell (Grundsätze der Geologie II. 357) angegeben. Sie sind eine sehr häufige Erscheinung bei allen Eruptionen. Ein für die ungeheuere Gewalt dieser Erschütterungen zeugendes Beispiel lieferte die Eruption des Aetna von 1832, bei der sich eine Spalte bildete, auf deren Westseite die Oberfläche des Berges um 3 Fuß höher zu liegen kam, als die Ostseite.

[9]) zu S. 75. Bei der großen Eruption des Cotopaxi 1744 wurde das Getöse in der Stadt Honda am Magdalenenfluß wie ein unterirdischer Kanonendonner gehört; Honda liegt aber 109 Meilen nördlich vom Cotopaxi, 17000 Fuß unter dem Gipfel desselben und wird durch die gewaltigen Gebirgsmassen von Quito, Pasto und Popayan sowie durch zahllose Thäler von ihm getrennt, weshalb gewiß nicht an eine Fortpflanzung des Schalles durch die Luft zu denken ist. — Die Detonationen bei dem 1834 erfolgten fürchterlichen Ausbruche des nur 500 Fuß hohen Cosiguina in Nicaragua wurden in Kingston auf Jamaica und sogar zu Santa Fé de Bogota in Südamerika so stark wie der Donner eines nahe stehenden Gewitters vernommen; Santa Fé liegt aber von Cosiguina 230 Meilen entfernt, also weiter als Madrid oder Moskau von Leipzig. — Als der Vulkan Tomburu auf Sumbava im April 1815 seine Eruption begann, da wurden die ersten Detonationen in der 95 Meilen entfernten Stadt Djokjokarta auf der Insel Java wie entfernte Kanonenschüsse gehört, so daß eine Truppenabtheilung aufbrach, in der Meinung, ein benachbarter Militärposten sei angegriffen worden, wogegen man an der Küste die Nothschüsse von Schiffen gehört zu haben glaubte und daher Schiffe aussandte, um Hülfe zu bringen. Während der Dauer des Ausbruchs schien auf Java das Getöse überall so in der Nähe zu sein, daß man es an jedem Orte von dem zunächst gelegenen Vulkane ableiten zu müssen glaubte. Das Getöse derselben Eruption wurde übrigens in Sumatra sogar bis auf 240 Meilen Entfernung deutlich vernommen. (Raumann, a. a. O. I. 133.) — Auf der beigegebenen Karte sind die Kreise, innerhalb welcher die Detonationen dieser beiden Vulkane vernommen wurden, angegeben.

[10]) zu S. 76. Ueber den Ursprung der vulkanischen Asche namentlich, aber auch über den der Lapilli sind zum Theil sehr sonderbare Hypothesen aufgestellt worden. Daß sie wirklich aus Lavamasse besteht, zeigt die chemische Analyse, aber über den Mechanismus ihrer Bildung herrschen zum Theil noch verschiedene Ansichten. Es ist gewiß, daß das heftige Aneinanderreiben und Stoßen der auffliegenden und zurückfinkenden Massen zur Zertrümmerung und Zerstäubung derselben Vieles beitrage; durch den herausdringenden Dampf werden ebenfalls

gewiß Lavamassen in feinen Tröpfchen in die Luft gestäubt, ähnlich wie in jedem Wasserglase, in dem Brausepulver aufgelöst wird, das sich rasch entwickelnde Gas feine Tröpfchen umherspritzt. Ob auch noch auf andere als diese mechanische Weise die Asche sich bilde (man hat beim Abkühlen von Hochofenschlacken bemerkt, daß dieselben plötzlich in eine sandartige Masse zerfielen und diesen Bildungsprozeß auf die vulkanische Asche anwenden wollen) ist ungewiß, für die hier erörterten Verhältnisse der Wirkung der Vulkane auch ohne Wichtigkeit.

11) zu S. 77. So öffneten sich bei dem Ausbruche des Aetna 1669 am Abhange desselben bei dem Städtchen Nicolosi zwei Schlünde, aus denen Asche und Schlacken in solcher Menge ausgeworfen wurden, daß sich im Verlauf von drei bis vier Monaten ein doppelter Kegel, Monti Rossi genannt, von 450 Fuß Höhe bildete. (Lyell, Grundsätze der Geologie II. 356.) Auf dem Abhange des Aetna finden sich gegen 700 solche kleinere Kratere und Schlackenkegel, die alle auf ähnliche Weise entstanden sind und von denen einer, der Monte Minardi bei Bronte, selbst 700 Fuß hoch ist. (Naumann, a. a. O. p. 149.) — Der Aschenfall bei der im April 1815 Statt gefundenen furchtbaren Eruption des Tomburu auf der Insel Sumbava verheerte nicht nur den größten Theil dieser Insel, sondern erstreckte sich in westlicher Richtung nach Java an 70 und in nördlicher Richtung nach Celebes über 40 Meilen weit in einer solchen Stärke, daß bei hellem Tage völlige Dunkelheit eintrat; ja sogar noch bei Benkulen auf Sumatra, auf Banda und Amboina fiel etwas Asche nieder und westlich von Sumatra war das Meer mit einer an 2 Fuß starken Schicht schwimmender Lapilli bedeckt, durch welche sich die Schiffe nur mit Mühe einen Weg bahnen konnten, so daß man ohne Uebertreibung einen Raum von vielen Tausend Quadratmeilen annehmen kann, über welchen sich dieser Sand- und Aschenregen verbreitete. Ebendas. p. 143. — Auf der beigegebenen Karte ist für den Tomburu und für die Eruption des Cosiguina theilweise die Verbreitung ihrer Asche angegeben.

12) zu S. 77. Die glühendheißen Dampfmassen kommen mit reißender Schnelligkeit aus dem Krater in bedeutende Höhen. Hamilton schätzte die Höhe der Dampf- und Aschenwolke bei der Eruption des Vesuv von 1779 auf wenigstens 10000 Fuß. Durch die fortwährend nachdrängenden neuen Massen werden die früheren weit nach der Seite gedrängt, kühlen sich rasch ab, verdichten sich und stürzen theils als feiner Regen, theils in wolkenbruchartigen Strömen herab, die, mit der Asche gemengt, weit mehr gefürchtete Ströme bilden, als die eigentliche Lava selbst. Auf diese Weise gingen im Jahre 79 die beiden Städte Herculanum und Pompeji zu Grunde; denn nur durch dergleichen Schlammfluthen, keineswegs durch einen bloßen Aschenregen oder durch bedeckende Lavaströme, wurde damals jenes Schicksal über sie verhängt. Acht Tage und Nächte währte der Sand- und Aschenregen, mit welchem sich Regengüsse zur Bildung von Schlammströmen vereinigten, welche, durch ungeheuere Massen von Bimssteintuff verstärkt, auf beide Städte hinabstürzten; nur auf diese Weise ist die stellenweise bis 112 Fuß betragende Höhe der Bedeckung zu begreifen, nur auf diese Weise ist es erklärlich, wie die innersten Räume der Gebäude und selbst die Keller ausgefüllt und alle Gegenstände so vollkommen eingehüllt werden konnten, daß das sie einhüllende und jetzt wieder als Bimssteintuff erscheinende Material förmliche Abdrücke von ihnen gebildet hat; wie man denn z. B. in Pompeji den Abdruck einer Frau mit einem Kinde in den Armen gefunden hat, welcher das Skelett ihres Körpers umschloß. — Bei der furchtbaren Eruption des Galunggung auf Java 1822 zerstiebte fast der ganze Gipfel des Berges und seine Trümmer vereinigten sich mit den losen Auswürflingen und den Wassern, die theils vom Vulkane ausgespieen, theils von Regengüssen geliefert wurden, zu den fürchterlichsten Schlammfluthen, unter welchen ein großer, herrlich cultivirter Landstrich mit 114 Dörfern völlig begraben wurde. An einzelnen Stellen lag die Asche 50 Fuß hoch, so daß kaum die Wipfel der Kokospalmen aus dem Schlamme herausragten und am östlichen und südöstlichen Fuße des Berges wurden die zusammengeschwemmten Massen zu mehreren Tausend Hügeln von 30—100 Fuß

Höhe angehäuft. (Naumann, a. a. O. I. p. 145 u. 146.) Wir werden später noch einige Beispiele für die Ueberschwemmungen anführen, die durch das Schmelzen der Schnee- und Eismassen auf den Vulkanen, woran die Erhitzung des Gipfels und die Lavamassen wesentlichen Antheil haben, mit den vulkanischen Regen herbeigeführt worden sind.

13) zu S. 77. Es findet hier im Großen Statt, was man durch eine zufällige Entdeckung an einer Dampfmaschine geleitet, im Kleinen nachgeahmt hat. Man weiß nämlich, daß mit einer gewissen Heftigkeit aus einer engen Oeffnung ausströmender Wasserdampf zur Entwicklung von bedeutenden Mengen Electricität Veranlassung giebt und hat selbst Electrisirmaschinen nach diesem Prinzipe construirt. Dasselbe wird auch bei einem Vulkane Statt finden und so werden die electrischen Entladungen aus den vulkanischen Wolken uns erklärlich, wenn auch noch andere Umstände mit zum Zustandekommen derselben beitragen. Auf Island wurden, nach Olaffen's Bericht, bei einer Eruption des Katlegia 1755 durch einen vulkanischen Blitz zwei Menschen und elf Pferde erschlagen; der deutlichste Beweis, daß diese Blitze nicht, wie früher ausgesprochen wurde, allenfalls explodirende verbrennende Gasarten seien.

14) zu S. 80. Es mögen hier noch einige Beispiele für die Schnelligkeit und für die Langsamkeit des Fließens verschiedener Lavaströme folgen. Der vesuvische Strom von 1776 durchlief in 14 Minuten eine Strecke von mehr als 2000 Meter, hatte also eine mittlere Geschwindigkeit von 7 Fuß in der Secunde; Hamilton beobachtete einen anderen, welcher in einer Stunde 1800 Meter zurücklegte. Die Lava, welche im Jahre 1843 vom Aetna gegen Bronte hinabfloß, hatte nach G. Gemmellaro auf einer unter 25° geneigten Fläche eine Geschwindigkeit von 3 Fuß in der Secunde. (Um einen Anhaltspunkt für die Beurtheilung dieser Schnelligkeit zu haben, diene das, daß ein Fluß vom mittlerer Geschwindigkeit 3—4 Fuß in der Secunde zurücklegt.) — Dagegen rückte, nach Monticelli, 1822 der Lavastrom des Vesuv in der Nähe von Resina nur 5—6 Fuß in der Stunde vorwärts, und Dolomieu erwähnt einen Strom, der volle zwei Jahre brauchte, um einen Weg von 3800 Meter zurückzulegen, also eine mittlere Schnelligkeit von nur 5/7 Fuß in der Stunde hatte. (Naumann, a. a. O. 165.)

15) zu S. 80. So sah A. v. Humboldt in einem Lavastrome des Vesuvs mehrere langgezogene Höhlungen von 6—7 Fuß Länge und 3 Fuß Tiefe; Hoffmann im Lavastrome des Aetna von 1819 eine nach außen offene Höhle von 6—8 Fuß Höhe, 12 Fuß Breite und 20 Fuß Länge; Necker fand am Vesuv, nahe beim Austritte eines Stromes, eine Grotte von 60 Fuß Länge, 56 Fuß Höhe und 16 Fuß Breite. (Naumann, a. a. O. p. 174.)

16) zu S. 81. Da man ohne große Gefahr an Lavaströme herantreten kann, so hat man viele Versuche gemacht, um den Hitzegrad derselben durch hineingehaltene schwer schmelzbare Körper, z. B. Metalldräthe u. s. w. zu bemessen. Am besten hatte man aber Gelegenheit, diese Hitze aus ihrer Wirkung kennen zu lernen, die ein Lavastrom, welcher 1794 nach Torre del Greco einbrach, dort ausübte. F. Hoffmann (a. a. O. p. 549 ꝛc.) hat dieselbe näher geschildert, wir heben hier nur einige Beispiele hervor. Das Glas der Fensterscheiben war in eine milchige durchscheinende steinige Masse verwandelt. Geschmiedetes Eisen war geschmolzen, aufgebläht und hatte sich im Innern der kleinen so entstandenen Höhlungen zu kleinen Krystallen gebildet, was nur bei längerem Flüssigbleiben und langsamem Erkalten möglich ist. Selbst Feuersteine, die in unseren Hochöfen nicht zum Schmelzen gebracht werden können, waren an scharfen Kanten deutlich angeschmolzen worden.

17) zu S. 81. Dabei kommt es natürlich sehr auf die Dicke eines solchen Lavastromes an. Wie ein Blech leichter und rascher erkaltet, als eine Kugel, so verhalten sich auch dünne und dicke Lavaströme sehr verschieden. Die Lavamasse des Jorullo scheint in ihrem Centraltheile stellenweise bis nahe an 500 F. mächtig und daher ist wohl das lange Warmbleiben der inneren Theile erklärlich.

18) zu S. 82. Der Lavastrom, der 1794 Torre del Greco zerstörte, ist 17500 Fuß lang. Er breitete sich vor der Stadt schon zu einem über 2000 F. breiten mächtigen Strome aus und hatte 40 Fuß Höhe. Der Lavastrom des Aetna von 1832 war 32000 Fuß lang; oben schmal, breitete er sich unten bis über 3000 Fuß aus und hatte eine Höhe von 30—45 Fuß. Der Lavastrom des Aetna, welcher 1669 aus dem neugebildeten Monte Rosso hervorbrach, erreichte nach wenigen Tagen, nachdem er einen Weg von etwa $3\frac{1}{2}$ deutschen Meilen zurückgelegt hatte, die alten festen Mauern von Katania. Sie waren von Quadern erbaut und fast 50 Fuß hoch. Die Lava thürmte sich daher an denselben langsam auf und nachdem sie einige Zeit seitwärts der Mauer entlang in das Meer geströmt war, brach sie endlich über die Mauer in die Stadt ein. Die größten bis jetzt bekannten Lavaströme haben jedoch die isländischen Vulkane geliefert. Am 11. Juni 1763 hatte der Skäptar-Jökul nach lange vorausgegangenen Erdbeben eine furchtbare Eruption. Ein Lavastrom floß in den Skäptarfluß und verdrängte denselben vollkommen aus seinem Bette. Dieses Bett lag zwischen hohen Felsen, war an manchen Stellen 400—600 Fuß tief und nahe an 200 Fuß breit. Die Lava füllte nicht allein diesen großen Engpaß bis obenhin aus, sondern floß auch über eine bedeutende Strecke der benachbarten Felder. Indem sich nun die glühende Fluth in ihrem Felsenbette fortbewegte, wurde sie einige Zeit von einer tiefen Schneemasse aufgehalten, die früher in dem Flußbette zwischen Skäptardal und Aa existirte und die sie gänzlich ausfüllte. Der Strom bewegte sich dann weiter und erreichte eine alte, mit Höhlen angefüllte Lavamasse, drang in dieselbe ein, schmolz einen Theil derselben und an einigen Stellen, wo sich die Dämpfe nicht entwickeln konnten, blähete er die Felsen auf und warf Stücke derselben mehr als 150 Fuß empor. Am 18. Juni fand ein andrer Lavenausbruch Statt, der mit erstaunlicher Schnelligkeit über den ersten Strom wegfloß. Durch das Aufdämmen mehrerer von den Nebenflüssen des Skäptar wurden viele Dörfer gänzlich unter Wasser gesetzt und großer Schaden angerichtet. Nachdem die Lava mehrere Tage geflossen war, stürzte sie sich in den furchtbaren Katarakt Stapafoß, wo sie einen tiefen Abgrund ausfüllte, den der Wasserfall seit Jahrhunderten ausgehöhlt hatte und dann setzte der Feuerstrom seinen Weg fort. Am 3. August brachen aus dem Vulkane frische Lavaströme hervor; ein neuer Arm wurde in einer verschiedenen Richtung von dem Bette des Skäptar abgesendet; denn dieß war nun so gänzlich ausgefüllt und jede Oeffnung im Westen und Norden war so verstopft, daß die geschmolzene Masse genöthigt wurde, einen andern Lauf zu verfolgen und in südöstlicher Richtung zu strömen, wo sie sich in das Bett des Hverfisfliot entlud, und eine nicht geringere Scene der Verwüstung, als die vorige war, verursachte. Erst nach zwei Jahren hörte dieser Ausbruch gänzlich auf. — Obgleich die Bevölkerung von Island nicht 50,000 Menschen übersteigt, so wurden doch nicht weniger als 20 Dörfer verwüstet, ohne die, welche unter Wasser gesetzt waren. 9000 Menschen wurden getödtet, zum Theil durch Lava verzehrt, theils durch die schädlichen Dünste, welche die Luft erfüllten, erkrankt und theils endlich durch Hunger, da die ganze Insel mit Aschenregen bedeckt wurde und die Fische sich von den Küsten zurückzogen. Von den beiden in entgegengesetzter Richtung strömenden Armen dieser Lavamassen war der eine 11, der andere $8\frac{3}{4}$ geogr. Meilen lang. Die äußerste Breite des Skäptar-Armes betrug in den niedrigen Gegenden $2\frac{1}{2}$ bis $3\frac{1}{2}$ Meilen, die des andern etwa $\frac{5}{4}$. Die gewöhnliche Mächtigkeit beider Ströme betrug 100 Fuß, stieg aber in den Engpässen zuweilen auf 600 Fuß. (Lyell, Grundsätze der Geologie II. 400 ꝛc.)

19) zu S. 82. Zunächst ist es natürlich der Berg selbst, der durch die Lavaströme einen bedeutenden Zuwachs, wenn auch nicht an Höhe, doch an Dicke erleidet, indem die Lavaströme verschiedener Eruptionen auf die mannigfaltigste Weise sich übereinander lagern; doch wird auch, wie die angegebenen Beispiele aus der 18. Anmerkung dieses Kapitels zeigen, die Gegend in weiterer Ausdehnung um den Berg davon erhöht und verändert. Zufällig ergießen sich auch öfter Lavaströme in's Meer und bauen so Vorgebirge und Dämme in dasselbe

hinein. Oft drängen sie Flüsse auf die Seite, dämmen sie zu großen Seen ab und wirken auch so mittelbar umgestaltend auf die Verhältnisse einer Gegend ein.

20) zu S. 83. Am Aetna öffnete sich 1792 während einer Eruption am Abhange ein Schlund, aus dem mehrere Wochen Wasser mit Asche, Schlacken und Thon gemengt ausfloß. Bekannt wegen der Wasser- und Schlammausbrüche sind die Vulkane Quito's, über die A. v. Humboldt sehr interessante Mittheilungen machte. Nach ihm erfolgen sie auch aus unterirdischen Wasseransammlungen und liefern eine außerordentliche Menge von kaltem oder heißem Wasser, das einen kohligen Schlamm, zuweilen auch kleine Fische enthält. Letztere sind schon in solcher Menge ausgeworfen worden, daß sie durch ihre Verwesung die ganze Gegend verpesteten. Der Vulkan Imbaburu, der Cotopaxi und der Tunguragua haben Fische zu Tausenden ausgeworfen. Es sind dieselben Fische, die auch in den Quellen und Bächen an den Abhängen jener Berge häufig vorkommen.

21) zu S. 83. Besonders die isländischen Vulkane haben derartige Ueberschwemmungen häufig verursacht. So erzeugte der Katlegiaa, ein von unermeßlichen Eisfeldern umgebener Vulkan, 1755 drei gewaltige Wasserfluthen, welche Gletscherfragmente, Sand und Steine in unglaublicher Menge fortschwemmten, so daß eine 10 Meilen lange und 5 Meilen breite Fläche damit bedeckt wurde. Hausgroße Eismassen, zum Theil mit großen Felsblöcken auf ihrer Oberfläche, wurden von der Fluth mit fortgetragen. Von 1721 an sollen sich derartige Ueberschwemmungen fast drei Jahre lang immer wiederholt und dabei die Eismassen in so erstaunlicher Menge angehäuft haben, daß das Meer 3 Meilen weit vom Ufer damit erfüllt war. — Besonders verheerend war die Eruption im August 1727; nach vorausgegangenen Erderschütterungen und furchtbaren Detonationen stürzten zuerst heiße Wasserströme vom Berge hernieder; bald setzte sich auch ein ganzer Gletscher in Bewegung und glitt herab, wie schmelzendes Metall aus einem Tigel, wogegen auf der Höhe des Berges Eismassen in die Luft geschleudert wurden, von denen einige am Meere, die meisten aber in der Ebene niederstürzten; viele Tage hintereinander wiederholten sich die Fluthen von fast siedendheißem Wasser und richteten unbeschreibliche Verwüstungen an, während gleichzeitig ein verheerender Aschenregen niederfiel. (Naumann, a. a. O. p. 191.)

22) zu S. 84. In einem 20 Fuß im Durchmesser haltenden Kanale eines Seitenkraters von Stromboli war es, wo Hoffmann diese Beobachtung machte. „Die Lava selbst zeigte sich hellglänzend, wie ein geschmolzenes Metall, wie das Eisen, welches aus dem Hochofen zum Gießen hervorströmt. In dem gewöhnlichen Zustande auf- und niederwogend, fährt er fort, mochte diese glühendflüssige Lavasäule mit ihrer Oberfläche stets wohl noch 20 bis 30 Fuß tief unter der Mündung zurückbleiben. Sie wurde offenbar in dieser Stellung durch die furchtbar erhöhte Spannung im Innern eingeschlossener, elastischer Dampfmassen getragen und sehr deutlich war das nie aufhörende Spiel ihres von oben herabwirkenden Drucks und des hinaustreibenden Gegendrucks zu sehen, welchen die hinaufstrebenden Dampfmassen ausübten. Denn im gewöhnlichen Zustande bewegte sich die Oberfläche sehr gleichförmig und fast taktmäßig in sekundenlangen Abständen um eine nicht bedeutende Höhe auf und nieder. Man vernahm dabei gleichzeitig ein eigenthümliches Geräusch, welches wir versucht waren mit dem Puffen zu vergleichen, das die eintretenden Luftströme an der Oeffnung von der inneren Thüre eines Flammofens veranlassen. Jedem Stoß, welcher die Lavasäule so ruckweis emporhob, folgte das deutlich und nett begrenzte Austreten eines lichtweißen Dampfballens aus der Oberfläche, und sobald dieser entwischt war, sank die Lavasäule wieder nieder. So oft aber diese Dampfballen austraten, rissen sie regelmäßig einzelne rothglühende Stücke von der Oberfläche der Lava mit sich herauf und diese tanzten, wie von unsichtbaren Kräften getrieben, über den Rand der Oeffnung gleichsam taktmäßig heraus und machten den Anblick dieses so schön sichtbaren Spieles ungemein malerisch. Von Zeit zu Zeit aber, meist alle Viertelstunden, und zuweilen selbst mehrmals kurz hintereinander, ward dieser regelmäßig fortsetzende Rhythmus auf eine mehr tumultuarische

Weise unterbrochen. Man sah nämlich plötzlich, nachdem die Lavasäule einige Augenblicke lang sich stärker erhoben hatte, die darüber befindliche, aufwirbelnde Dampfmasse ruhend stehen bleiben und eine schwach rückgängige Bewegung machen, gleichsam als wolle sie in den Krater zurückschlagen. Gleichzeitig durchzuckte uns oft schreckhaft eine mehr oder minder heftige Erzitterung des Bodens, wobei die lockeren Kraterwände oft in eine sichtbar schwankende Bewegung kamen — ein deutliches Erdbeben. Unmittelbar daran knüpfte sich ein dumpf polterndes Geräusch in der Eruptionsöffnung und mit hell tönendem Geprassel stürzte eine große Dampfmasse aus dem Innern hervor. — Sie riß gleichzeitig dann mit sich die obere Lavamasse, zu Tausenden glühender Stücke zerkleinert, aus dem Kater hervor; eine starke davon ausgehende Erhitzung der Umgebungen schlug uns lebhaft in das Gesicht und ein garbenförmig sich hoch ausdehnender Feuerregen stürzte prasselnd auf die Umgebungen nieder. Einige Stücke flogen bis 1200 Fuß hoch und gingen in großen Bogen hoch über unsern Köpfen weg. Unmittelbar darauf schien jedesmal dann die Lavasäule aus dem Krater verschwunden; sie hatte sich tiefer in das Innere des Schlotes zurückgezogen, es trat augenblickliche Ruhe ein. Doch nicht lange, so begann wieder das Glühen in der vor uns liegenden Oeffnung, die Lavasäule stieg langsam bis auf ihr altes Niveau wieder. Es begann nun von Neuem das oben geschilderte, taktmäßige Spiel." (Fr. Hoffmann, a. a. O. II. p. 524.) — Im großartigsten Maßstabe ist das Aufwallen und ruhige Ausfließen der Lava in dem kolossalen Krater Kiranea auf Hawai beobachtet worden. In der Tiefe desselben breiten sich mehrere hellleuchtende Lavaseen aus, von denen einer 1500 Fuß breit ist. Seine Lava ist in beständiger auf- und niederwogender Bewegung, und Schlackenstücke werden von Zeit zu Zeit bis 70 Fuß hoch aufwärts geschleudert. Die Amerikaner Chase und Parker sahen auf einem dieser Lavaseen, der in mächtigen Feuerwogen gegen sein Ufer brandete, Lavasäulen bis zu 60 Fuß Höhe aufsteigen; dann wurde es wieder ruhig, die Oberfläche verdunkelte sich und schien erstarren zu wollen; doch plötzlich zerriß die Decke, flüssige Lava breitete sich abermals aus, in welcher die Schlackenschollen wie Eisschollen im Wasser auf- und niedertauchten und der glühende Lavasee war wieder hergestellt. (Naumann, a. a. O. p. 126.)

[23]) zu S. 85. Boussingault's Untersuchungen finden sich im Auszuge in Poggendorf's Annalen Bd. 31. p. 148—158. Bunsen untersuchte die aus verschiedenen Fumarolen und Solfataren Island's ausströmenden Gase. Die Untersuchung der Heklafumarolen ergab folgendes Resultat:

| | Stickstoff. | Sauerstoff. | Kohlensäure. | Schwefelige Säure. | Salzsäure. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 81,81 % | 14,21 % | 2,44 % | 1,54 % | Unbestimmte Menge |
| 2. | 82,58 „ | 16,86 „ | 0,56 „ | 0,0 „ | „ |
| 3. | 79,90 „ | 20,09 „ | 1,01 „ | 0,0 „ | „ |

Bei den Solfataren war der Stickstoffgehalt sehr zurückgetreten, Sauerstoff ganz verschwunden, dagegen die Kohlensäure in überwiegender Menge vorhanden; sie wechselte bei den verschiedenen untersuchten von 30,00 bis 88,24, der Schwefelwasserstoff von 6,60 bis 24,12, der reine Wasserstoff von 4,1 bis 25,14, der Stickstoff von 0,50 bis 1,67 %.

[24]) zu S. 85. Da es praktisch von großer Wichtigkeit ist, die Kraft des Dampfes bei einer gewissen Temperatur zu kennen, so hat man darüber vielseitig genaue Versuche angestellt. G. Bischof hat darnach in seiner „Wärmelehre" berechnet, daß bei einer Temperatur von 1224° (welche die Lava wenigstens hat, wenn sie flüssig ist) der Dampf eine Lavasäule von 88747 F. Höhe zu tragen vermöchte. Nun sehen wir aber, daß abwechselnd Dampfblasen aus der Lava aufsteigen, daß also in dem Kanale von dem Krater abwärts Dampfblasen a mit Lavamassen b abwechseln und eine ununterbrochene Lavasäule deswegen nicht vorhanden ist, also nicht einmal ein solcher Gegendruck gegen den Dampf ausgeübt wird, wie er von demselben ausgehalten werden könnte.

# Sechſtes Kapitel.

Erdbeben. Verſchiedene Arten der Erſchütterungen. Richtung und Fortpflanzung derſelben. Verbreitungsformen. Ausdehnung. Dauer. Wirkungen, modificirt durch die Structurverhältniſſe des Bodens; vorübergehende und bleibende. Hebungen und Senkungen des Bodens. Hiſtoriſch beglaubigte und durch natürliche Zeichen ſich kund gebende Veränderungen des Verhältniſſes von Land und Meer. Liegt die Urſache im Waſſer oder im Land? Zuſammenhang der Erdbeben mit Vulkanen.

Unter Erdbeben verſteht man eine jede Bewegung eines Theiles der Erdrinde, welche durch Kräfte, die aus dem Inneren des Erdkörpers heraus wirken, veranlaßt ſind. Dieſe Bewegungen ſind außerordentlich dem Grade, der Ausbreitung und der Wirkung nach verſchieden; von einem leiſen Erzittern einer beſchränkten Stelle, die nur in leichten Schwankungen unbefeſtigter Gegenſtände an der Oberfläche der Erde und in menſchlichen Wohnungen ſich kund geben, finden ſich unzählige Zwiſchenſtufen bis zu den furchtbaren Erſchütterungen, die über ganze Welttheile ſich erſtrecken, Berge zerreißen, Städte verwüſten und ganze Länder in ein anderes Niveau verſetzen.

Man hat dreierlei Arten der Bewegung bei Erdbeben unterſchieden, eine ſtoßende, ſenkrecht von unten nach oben gehende, eine wellenförmige, den Boden ſucceſſiv aufhebende und ſenkende, und eine wirbelnde, drehende, den Boden unregelmäßig, ſprudelartig durch einander bewegende. Man kann an den Wirkungen, die von dieſen dreierlei Bewegungen auf Gebäude namentlich ausgeübt wird, ihr Vorhandenſein nachweiſen. Durch die ſtoßende Bewegung bekommen nämlich alle Gegenſtände auf der Erde und die oberſten Schichten derſelben ſelbſt ein Beſtreben in die Höhe zu fahren. Weniger befeſtigte Gegenſtände entfernen ſich dann von ihrer

Unterlage. Am auffallendsten hat sie sich nach A. v. Humboldt bei dem furchtbaren Erdbeben, das Riobamba 1797 zerstörte, gezeigt, wo viele Leichen der unglücklichen Bewohner auf einen mehrere 100 Fuß hohen Hügel bei der Stadt geschleudert wurden. Bei dem großen calabrischen Erdbeben von 1783 wurden die Pflastersteine in die Höhe geschnellt, ebenso einzelne Menschen, ohne dadurch beschädigt zu werden. Die wellenförmige Bewegung ist oft deutlich mit den Augen als solche erkennbar und eben darin liegt nach A. v. Humboldt einer der mächtigsten Eindrücke auf das Gemüth des Menschen. „Was uns so wundersam ergreift, ist die Enttäuschung von dem angeborenen Glauben an die Ruhe und Unbeweglichkeit des Starren, der festen Erdschichten. Von früher Kindheit sind wir an den Contrast zwischen dem beweglichen Element des Wassers und der Unbeweglichkeit des Bodens gewöhnt, auf dem wir stehen. Alle Zeugnisse unserer Sinne haben diesen Glauben befestigt. Wenn nun urplötzlich der Boden erbebt, so tritt geheimnißvoll eine unbekannte Naturmacht als das Starre bewegend, als etwas Handelndes auf. Ein Augenblick vernichtet die Illusion des ganzen früheren Lebens." Auch diese Bewegung giebt sich durch ihre Wirkungen deutlich zu erkennen. Alles beugt sich und neigt sich nach dem Verlaufe der Erdwelle, Bäume verwickeln sich mit ihren Kronen, Mauern zerspalten sich, wenn sie senkrecht auf der Richtung der Wellenbewegung stehen, die Oberfläche der Erde selbst bekommt parallel verlaufende Spalten und Risse. Die wirbelnde Bewegung ist als eine besondere von vielen bestritten und die unregelmäßig scheinbar drehende Bewegung aus mannigfach sich kreuzenden und störenden Wellenbewegungen abgeleitet worden, was auch gewiß das richtigste ist. Es kann nämlich wohl die oberste Rinde des Bodens mit den auf ihm befindlichen Gegenständen an einzelnen Stellen verdreht werden, wie denn wirklich z. B. gerade Alleen nach dem calabrischen Erdbeben verdreht und gekrümmt waren, aber eine eigentliche Drehung der tieferen Schichten ist nicht wohl anzunehmen.

Meist sind die Erdbeben wie die vulkanischen Eruptionen von unterirdischem Getöse begleitet, das bald wie ein dumpfer Donner klingt, bald Aehnlichkeit mit dem Geräusche hat, das durch Zusammenwerfen von klingenden Steinen, Scherben u. s. w. entsteht.

Man hat selbst dieses Getöse in großer Stärke und Heftigkeit vernommen, ohne daß eine Erschütterung des Bodens wahrnehmbar war. Besonders merkwürdig ist die Erscheinung, welche auf dem mexicanischen Hochlande unter dem Namen des Gebrülles und unterirdischen Donners (bramidos y truenos subterraneos) von Guanarato bekannt ist, über einen Monat lang ohne Erdbeben anhielt und Alles mit Furcht und Entsetzen erfüllte [1]). Sehr selten ist es, daß die Erdbeben ohne solches unterirdische Getöse verlaufen; in Chili und bei dem heftigen Erdbeben von Riobamba war dieses der Fall.

Außer dem heftigen Getöse, das die Erdbeben mit vulkanischen Eruptionen gemeinschaftlich haben, zeigen sich auch oft, aus Spalten hervorbrechend, dieselben Auswurfsmassen, wie an den Vulkanen. Heiße Dämpfe, heißes Wasser, schädliche Gasarten, Schlamm, schwarze Rauchmassen, ja selbst Flammen hat man bei Erdbeben aus neugebildeten Oeffnungen und Spalten der Erde hervorbrechen sehen, ja wir werden später bei Betrachtung der Wirkungen der Erdbeben noch fernere Aehnlichkeiten mit vulkanischen Eruptionen besprechen [2]).

Man hat als Vorzeichen und begleitende Erscheinungen allerlei Zustände der Atmosphäre, überhaupt das Wetter als in Zusammenhang mit Erdbeben stehend angenommen. Alle derartige Annahmen, durch Beobachtungen geprüft, haben kein sicheres Resultat ergeben. Bei jedem Wetter, bei jeder Art des electrischen Zustandes der Atmosphäre, zu jeder Zeit hat man Erdbeben eintreten sehen. Auch in Beziehung auf die Jahreszeiten hat sich kein allgemein gültiges Resultat für das Begünstigen des Auftretens von Erdbeben herausgestellt; was für ein Land Gesetz schien, paßt nicht mehr als solches für ein anderes Land.

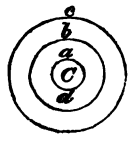
Bei der großen Tiefe, in welcher jedenfalls die Ursache der Erderschütterungen zu suchen ist, darf es uns nicht wundern, daß die Verhältnisse der Oberfläche des Erdkörpers keinen nachweisbaren Einfluß auf dieselben haben, und wir wollen nicht näher auf eine Besprechung dieser trügerischen, nur locale Geltung habenden Gesetze eingehen, die vielleicht nur zufällig mit den Erscheinungen der Oberfläche der Erde zusammenfallen, von denen man sie abhängig darstellt [3]).

Es ist von großem Interesse, die Richtung der wellen-

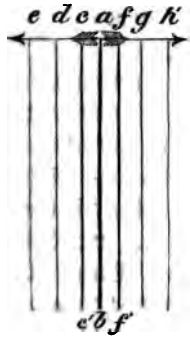
förmigen Fortbewegung eines Erdbebens, der gewöhnlichsten Fortschreitungsart derselben, bestimmen zu können. Man kann zwar bei heftigeren Erschütterungen aus den Wirkungen derselben wohl dieselbe erkennen, aber nicht so bei schwächeren, welche keine so auffälligen Wirkungen haben. Man hat mancherlei Vorkehrungen dazu in Anwendung gebracht; am zweckmäßigsten ist noch das sogenannte Seismometer (Erdbebenmesser) von Cacciatore. Es besteht aus einem runden Gefäße, in dessen Rand sich acht Oeffnungen befinden, welche in kleine Rinnen gehen, unter denen Näpfe aufgestellt sind. Das Gefäß wird bis zu dem Rande der Oeffnungen mit Queckſilber gefüllt. Wird nun durch eine Erdbebenwelle jenes Gefäß bewegt, so wird da am meisten Queckſilber ausfließen, wo das Gefäß am stärksten geneigt war. Die Linie vom Mittelpunkte des Gefäßes nach der Oeffnung, aus der am meisten Queckſilber ausfloß, giebt die Richtung an, in welcher sich die Erdbebenwellen fortpflanzten. Eine Reihe von Beobachtungen mit diesem Instrumente in Palermo ließen erkennen, daß diese Richtung meistens eine constante ist. Unter siebenundzwanzig stärkeren Erdbeben waren elf, die eine fast ostwestliche Richtung hatten, also in der Richtung des Aetna, bei vier war die Richtung nordsüdlich, bei vier anderen, von denen drei dem Jahre 1831 angehören, war sie von Nordost nach Südwest. In demselben Jahre entstand aber genau in dieser Richtung eine neue vulkanische Insel südlich von Sicilien, auf deren Entstehung wir noch später kommen werden und ebenso läßt die nordsüdliche Richtung sich mit dem Vesuv, der in dieser liegt, in Verbindung setzen. Außer der Richtung, in welcher sich die Erdbeben fortpflanzen, ist jedoch auch noch die Art und Weise derselben, wie sich an der Oberfläche der Erde der Stoß fühlbar macht, die Verbreitungsform derselben, von großer Wichtigkeit. Man erkennt dieselbe aus der Zeit des Verspürtwerdens der Erschütterungen an verschiedenen Orten und aus der Wirkung derselben. Genau genommen können wir nur zweierlei verschiedene Verbreitungsformen derselben annehmen, die wir als centrale und lineare unterscheiden können.

Bei den centralen Erdbeben trifft die Erschütterung besonders stark einen Punkt oder eine beschränkte Localität der Erdoberfläche und breitet sich von da gerade so aus, wie die Wellenkreise

auf der Oberfläche eines ſtehenden Waſſers von der Stelle, wo man einen Stein hineingeworfen hat. Die Heftigkeit der Erſchütterung nimmt von dem Mittelpunkte C aus nach allen Seiten hin gleichmäßig ab. Es ſei z. B. C die Stelle, wo ein centrales Erdbeben am ſtärkſten ſich fühlbar macht, ſo wird es an allen Orten, die auf dem Kreis b liegen, ſpäter und ſchwächer gefühlt, als in C, an allen Orten, die auf dem Kreiſe c liegen, wieder ſpäter und ſchwächer als in denen auf b gelegenen. In b wird man die Stöße in der Richtung C c, in d zu derſelben Zeit wie in a, und ebenfalls von C her kommend, verſpüren. — So zeigte ſich z. B. bei dem Erdbeben, das Liſſabon zerſtörte, nirgends die Verheerung ſo ſtark, als an jener Stadt; auf der Inſel Madeira fühlte man die Stöße ſehr deutlich von Norden herkommend, während ſie in England von Süden herkommend und zuerſt an der Südküſte wahrgenommen wurden. — Das Erdbeben, welches im Jahre 1783 Calabrien heimſuchte, war ebenfalls ein ſolches centrales, deſſen Centrum in der Stadt Oppido lag, die durch heftige ſtoßende Erſchütterungen vollkommen zerſtört wurde. In einem Umkreiſe von 5½ geogr. Meilen um dieſe Stadt wurden die Verwüſtungen noch in furchtbarem Grade bemerkt, und machten ſich, wenn auch immer ſchwächer werdend, noch in einem Umkreiſe von 18 geogr. Meilen bemerklich.




Bei der linearen Form iſt die ſtärkſte Wirkung gleichzeitig längs einer Linie, und pflanzt ſich von hier aus nach beiden Seiten hin fort, in ähnlicher Weiſe, wie ſich parallele Falten und Wellen bilden, wenn man einen auf dem Boden liegenden Teppich an einer Seite raſch aufhebt und wieder fallen läßt, wodurch die eingeſchloſſene Luft nach der entgegengeſetzten Seite hin, den Teppich wellenförmig bewegend, entweicht. — Bei derartigen Erdbeben werden z. B. alle Punkte zwiſchen a b gleichzeitig und am ſtärkſten betroffen, ebenſo alle zwiſchen c c' und f f' gleichzeitig aber ſchwächer als die zwiſchen a b. Es pflanzen ſich mit a b parallele Wellen von a b aus in der Richtung des Pfeiles a e und a h fort, nach beiden Seiten hin allmälig immer ſchwächer werdend. — Iſt



die Länge der Linie a b im Verhältniſſe zu der Länge der Fortpflanzungslinie a e eine ſehr geringe, wird nur ein ſchmaler aber langer Landſtrich betroffen, ſo nennt man ſolche Erdbeben wohl auch vorzugsweiſe lineare, während man diejenigen, welche im Verhältniß zu der Länge der ſucceſſive erſchütterten Landſtriche auch eine bedeutende Breite haben, wo alſo a b im Verhältniß zu a e eine wohl bemerkliche Größe iſt, transverſale heißt. Die im engeren Sinne ſogenannten linearen Erdbeben folgen ſehr häufig dem Laufe von Gebirgsketten, namentlich ſolchen, welche nahe an einem Meere verlaufen. So hat man die Erdbeben in Chili meiſtens als ſolche erkannt, die von einem Punkte aus linear nach Nord und Süd gleichzeitig und immer ſchwächer werdend verliefen. Ein ſ. g. transverſales war das am 4. Januar 1843 einen großen Theil der vereinigten Staaten verheerende Erdbeben. Die Linie, in welcher die Erſchütterungen zuerſt und am ſtärkſten verſpürt wurden, hatte eine Richtung von NNO. nach SSW. (von Cincinnati über Naſhville nach der Weſtgrenze Alabama's), von wo aus die Bewegung rechts und links in parallelen Linien fortſchritt.

Die Aufzeichnungen der Zeit, zu welcher an verſchiedenen Orten die Stöße eines und deſſelben Erdbebens verſpürt wurden, giebt uns ein Mittel an die Hand, die Schnelligkeit der Fortpflanzung eines Erdbebens zu beſtimmen. Für viele, ſehr weit ſich erſtreckende iſt dieſes geſchehen. Nach Mitchell pflanzten ſich die Undulationen des Liſſaboner Erdbebens mit einer Schnelligkeit von 4½ geogr. Meilen in der Minute, oder 1650 Fuß in der Secunde fort, eine Schnelligkeit, welche die des Schalles in der Luft um ein Beträchtliches übertrifft. Das im Jahre 1846 im Rheinland verſpürte Erdbeben hatte eine Schnelligkeit von 3¾ M. in der Minute, oder 1376 Fuß in der Secunde [4]).

Die Ausdehnung der Erdbeben iſt eine außerordentlich verſchiedene; während leichte Stöße oft nur an wenigen Punkten der Erde verſpürt werden, haben andere eine ungeheuere Ausdehnung, und ſind in mehreren Erdtheilen zugleich aufgetreten. — Sehen wir nur auf die Erſtreckung nach einer Richtung hin, nicht auf den Flächeninhalt des erſchütterten Landes, ſo ſind wohl die linearen die am weiteſten verſpürten. Nach A. v. Humboldt haben einzelne Erdbeben Südamerika's eine Längenausdehnung von 600 Stunden gewonnen; das Erdbeben, das Chili am 11. Nov.

1822 betraf, hatte seine Wirkung auf 260 geogr. Meilen bemerklich gemacht. — Eines der größten centralen Erdbeben, über das genauere Nachrichten vorhanden sind, war das Lissaboner, das gleichzeitig in Europa, Afrika und Amerika verspürt wurde, auf einem Raume von 700,000 geogr. □ Meilen Flächeninhalt, also mehr als dem dreizehnten Theile der Erdoberfläche. Diesem gleich kommt das chilensische vom 7. November 1837, welches sich bis zu den Schiffer- und Sandwichinseln erstreckte und einen Raum, der 100 Längengrade und 40 Breitegrade einnahm, in Bewegung versetzte. — Das oben erwähnte nordamerikanische Erdbeben war ein transversales, das über einen Raum von 170 M. Länge und Breite sich erstreckte und einen Raum von 29000 □ M., also von der doppelten Größe Deutschland's, zur Erschütterung brachte.

So groß auch diese Ausdehnung der Erdbeben ist, so furchtbar die Zerstörungen die sie anrichten, so kurz ist die Dauer der einzelnen Erschütterungen. Meist in wenigen Secunden haben die heftigsten Erdbeben ihre verheerende Thätigkeit zu Ende gebracht, nach den stärksten Stößen folgten nur noch einige schwache im Verlaufe einiger Minuten nach. — Das Erdbeben, welches am 26. März 1812 Caracas zerstörte, begann, nach A. v. Humboldt, mit einem 5—6 Secunden dauernden Stoße, der die Glocken bewegte; gleich darauf erfolgte der zweite Stoß, welcher doppelt so lange anhielt und den Boden in eine wallende Bewegung versetzte; endlich trat ein senkrechter Stoß von 3—4 Secunden ein, dem eine etwas längere undulatorische Bewegung folgte, worauf die schöne Stadt zu einem Haufen von Trümmern und Leichen zusammenstürzte. — Das calabrische Erdbeben 1783 zerstörte in 2 Minuten in einem Umkreise von 5½ Meilen um Oppido herum Alles von Grund aus; und bei dem Lissaboner waren die drei Hauptstöße, welche Alles zerstörten, innerhalb 5 Minuten vorüber[5]).

Sehr viele Erdbeben haben jedoch ihre Kraft nicht in einem so kurz dauernden Paroxysmus erschöpft, sondern lange Zeit hindurch mit längeren oder kürzeren Unterbrechungen vielfache weniger heftige Erschütterungen des Bodens bewirkt. Dabei hat man bemerkt, daß die Stöße nach und nach immer seltener und schwächer wurden, oft aber war gar keine Regelmäßigkeit zu bemerken; stärkere Stöße folgten nach schwächeren, nach längeren Pausen wiederholten sie sich wieder häufiger, oft Monate lang wurde der Boden

zu jeder Stunde erſchüttert. — Solche Erdbeben, bei denen letzteres der Fall iſt, ſind, nach A. v. Humboldt, nur aus Gegenden bekannt, die fern von allen Vulkanen liegen. — So wurde 1356 Baſel von einem Erdbeben vollkommen zerſtört; nach dem erſten heftigen Stoße folgten die Erſchütterungen noch ein ganzes Jahr auf einander. Das Erdbeben, welches 1811 einen großen Theil Nordamerika's betraf, beſtand aus einer Reihe von Erſchütterungen, die volle zwei Jahre hindurch ſich wiederholten [6]).

Die Erdbeben gehören zu den häufigen Naturerſcheinungen. „Wenn man Nachricht von dem täglichen Zuſtande der geſammten Erdoberfläche haben könnte, ſo würde man ſich ſehr wahrſcheinlich davon überzeugen, daß faſt immerdar, an irgend einem Punkte, dieſe Oberfläche erbebt, daß ſie ununterbrochen der Reaction des Innern gegen das Aeußere unterworfen iſt" [7]).

Wenn auch nur wenige Punkte der Erdoberfläche exiſtiren, die nicht mit in den Bereich der Erſchütterungen von großen Erdbeben hineingezogen worden ſind, ſo ſind es doch auch wieder, wie bei den Vulkanen, gewiſſe Gegenden, die vorzugsweiſe als der Heerd und Ausgangspunkt derſelben angeſehen werden müſſen, und beſonders heftig und häufig von denſelben heimgeſucht werden. Betrachten wir auf einer Karte die Gegenden, in welchen hauptſächlich die Erdbeben heimiſch ſind, ſo bemerken wir ſogleich, daß ſie in einem gewiſſen Zuſammenhange mit den Vulkanen ſtehen. So ſind es die Gegenden längs der Weſtküſte Südamerika's, die Antillen, von denen die heftigſten Erdbeben bekannt ſind. In der alten Welt fällt die Linie, welche man durch die Ländermaſſen zieht, welche beſonders häufig von Erdbeben betroffen ſind, ziemlich genau zuſammen mit der Längenachſe des mittelländiſchen Meeres, deren Fortſetzung durch Kleinaſien auf die aſiatiſchen Vulkane führt. Doch giebt es auch gewiſſe Gegenden, die wir, ähnlich wie die Centralvulkane, als iſolirte Punkte, als Centralpunkte für Erdbeben anſehen müſſen, die fern von allen jetzt thätigen Vulkanen ſind.

Außer dieſem geographiſchen äußeren Zuſammenhange beſteht aber ein noch viel intereſſanterer innerer zwiſchen Vulkanen und Erdbeben, den wir noch zu betrachten haben; doch wollen wir vorher noch Einiges über die Wirkungen und andere den Erdbeben allein zukommende Erſcheinungen mittheilen. Was die Wirkungen derſelben betrifft, ſo ſind dieſelben ganz ungeheuer und erſtaunlich,

wenn man die Masse des Areales bedenkt, welches auf einmal in Bewegung gesetzt wird, das z. B. bei dem Lissaboner Erdbeben den dreizehnten Theil der Erdoberfläche betrug. — Wir übergehen die Verwüstungen, die es an den Werken der Menschen anrichtet, für die wir schon genug Beispiele angeführt haben, die in wenigen Minuten oft furchtbarere Folgen haben, als Jahrzehnte hindurch anhaltende Kriege. Das Erdbeben, welches 1693 Sicilien betraf, zerstörte in wenig Stößen Katania und 49 Ortschaften und kostete 100,000 Menschen das Leben [8]). Wenn auch derartige Wirkungen in der Geschichte der Völker ausführlicher erörtert und länger in dem Gedächtnisse der Menschen aufbewahrt werden, für die Geschichte der Erde ungleich wichtiger sind die weniger lange überlieferten, an der Oberfläche der Erde selbst sich kundgebenden, die nur dann, wenn sie zugleich menschliche Wohnstätten mit betroffen und beschädigt haben, erwähnt werden. —

Wir können die aus der Tiefe herauf wirkenden Kräfte nur an den Erscheinungen an der Oberfläche bemessen, und nur aus diesen auf jene zurückschließen. Wir sehen, wie oft eigenthümliche Modificationen der Erschütterungen und der Einwirkung auf die Oberfläche eintreten, die offenbar in der Structur und dem Bau der Erde in größeren Tiefen ihren Grund haben, ohne genau diese Verhältnisse daraus zu erkennen. Es sind hier namentlich Eigenthümlichkeiten in der Verbreitung der Erdbeben, die uns auf solche Schlüsse führen. Denken wir uns auf eine Platte einen Schlag mit einem Hammer, oder einen Stoß von unten her ausgeführt, so breitet sich die Erschütterung gleichmäßig nach allen Seiten fort, von dem getroffenen Punkte aus stets abnehmend nach allen Seiten. Es ist dieß dieselbe Erscheinung, wie wir sie an den centralen Erdbeben in ihrer reinsten Form wahrnehmen. Denken wir uns dieselbe Platte von einem Stabe gleichzeitig in einer Linie getroffen, so pflanzen sich rechts und links von dieser Linie die Erschütterungen immer schwächer fort, wie wir es bei den transversalen Erdbeben beobachten. Modificirt sind aber diese einfachen Verhältnisse schon bei den linearen Erdbeben; offenbar finden hier in der Erdrinde Verhältnisse der Structur Statt, welche die in einer Linie oder in einem Punkte auftretende ursprüngliche Erschütterung nur in einer Richtung hin sich fortpflanzen lassen, während die Fortleitung nach andern Seiten hin wie durch unterirdische Dämme und Mauern verhindert ist.

nehmen, und bricht dann mit ungeheuerer Gewalt in Form daherrollender Wasserberge über das eben verlassene Ufer herein, Alles wegreißend, was sich demselben entgegenstellt. — Bei dem Erdbeben von 1746 schwoll das Meer bei Lima 80 Fuß über seinen gewöhnlichen Stand auf, brach in die Stadt ein und zerstörte sie so völlig und plötzlich, daß kein Gebäude verschont blieb, fast die ganze Bevölkerung vertilgt wurde. 23 Schiffe waren bei jener Katastrophe im Hafen, 19 versanken auf der Stelle, 4 wurden fast eine Stunde weit jenseits der Stadt auf das Land gesetzt [15]). — Man hat verschiedene Erklärungen für dieses eigenthümliche Verhalten des Meeres aufgestellt, die für verschiedene Fälle auch alle ihre Richtigkeit haben mögen, indem dasselbe nicht immer auf eine Ursache allein zurückgeführt werden kann, auf deren Auseinandersetzung wir jedoch hier nicht näher eingehen wollen [16]).

Wir haben nun noch Wirkungen der Erdbeben zu besprechen, die für die Theorie von der Bildung der Erdoberfläche die allerwichtigsten sind und uns den Schlüssel an die Hand geben, die Entstehung der Continente und Gebirge, die Vertheilung und den Wechsel der verschiedenen Formationen unserer Erdrinde zu begreifen. Es sind dieses die Hebungen und Senkungen größerer und kleinerer Ländermassen. An diese historischen auf einmal, plötzlich durch Erdbeben eintretenden Veränderungen der Niveauverhältnisse der Länder schließen sich andere derselben Art an, die allmälich, ohne von Erdbeben begleitet zu sein, eintreten, und sich am füglichsten nach den ersteren aufführen lassen.

Wir wollen zunächst die durch Erdbeben hervorgerufenen Emportreibungen und Hebungen von Landtheilen besprechen. Wir haben schon einige Beispiele angeführt, die uns erkennen ließen, daß durch Erdbeben häufig Niveauveränderungen überhaupt eintreten und erinnern hier nur an die Beispiele von Verwerfungen (p. 107), die wir kennen gelernt haben. Bei diesen war es und wird es meist unentschieden bleiben, ob der eine Theil gehoben ist, oder ob nicht der andere tiefer gesunken ist. Der Effect ist natürlich in beiden Fällen derselbe. Da man auf dem festen Lande sehr selten ein Mittel hat, um bei so geringen Höhedifferenzen zu entscheiden, ob eine Hebung oder Senkung eingetreten ist, so beschränken sich alle sicheren Beobachtungen über Hebungen auf Küsten und Inseln. Der Meeresspiegel giebt hier eine so sichere Basis, daß man es

leicht gewahr wird, wenn auch das Ufer nur um wenig Fuß höher gehoben wird; das Meer wird dann tiefer unten an den Felsen stehen, es wird seichter geworden zu sein scheinen, umgekehrt wird sich eine Senkung des Landes dadurch kundgeben, daß das Meer weiter heraufragt, weiter in das Land hineinreicht als früher, es scheint gestiegen zu sein. Da nun von einem wirklichen Seichter- oder Tieferwerden des Meeres durch ein Erdbeben keine Rede sein kann, da auch, so lange das Verhältniß von Land und Meer bleibt, wie es jetzt ist, ein Steigen oder Fallen desselben nicht möglich ist [17]), so wird ein scheinbares Sinken des Meeresspiegels stets ein Steigen des Landes, ein scheinbares Steigen desselben stets ein Sinken des Landes anzeigen müssen. Namentlich an felsigen Ufern zeigen sich derartige Veränderungen des Niveaus am untrüglichsten durch verschiedene Zeichen, die den früheren Stand des Meeres characterisiren. Ist nämlich Jahrzehnte lang der Stand des Meeres an einer Küste gleich geblieben, so entstehen an den Felsen Bildungen und Merkmale, die den Stand des Wassers bezeichnen, die sogenannte Strandlinie angeben. Eines Theils werden nämlich die Gesteine selbst vom Wasser angegriffen, in ihrer Farbe und Form verändert, abgeschliffen, anderntheils setzen sich Muscheln und andere Schalthiere, Algen u. dgl. an den Felsen von unten aus an, und von oben her dringen Flechten und andere Landpflanzen gegen die Grenze des Wassers vor, wodurch eben der Stand des Meeres bezeichnet wird, so daß er auch noch erkannt werden kann, wenn er sich verändert [18]).

Zunächst können durch diese Zeichen nur Hebungen des Bodens der Küste sicher erkannt werden, für die Senkungen helfen diese Zeichen nichts, indem ja durch diese die alten Strandlinien dem Gesichte entzogen werden. Hier ist es durch das Versinken von Gebäuden, von Bäumen, die sich noch eine Zeit lang unter dem Wasser erhalten und theilweise aus demselben hervorragen, durch das weitere Eingreifen des Meeres in das Land u. dergl. meistens auch möglich, derartige Senkungen des Landes nachzuweisen, wofür wir noch viele Beweise anführen werden. — Als Beispiele für solche Hebungen können wir vor Allem die Entstehung neuer Inseln anführen, die theilweise als Emportreibungen des Meeresgrundes, theilweise durch vulkanische Auswürflinge sich gebildet haben und oft auch als unterseeische vulkanische Eruptionen

aufgeführt werden. Schon die Alten berichten von plötzlich neu entstandenen Inseln — Delos soll eine solche gewesen sein —; sichere, beglaubigte Nachrichten über derartige Ereignisse haben wir erst aus viel späteren Zeiten, namentlich aus diesem Jahrhunderte. — In der Nähe der Azoren wurde nach häufigen, ein halbes Jahr lang sich wiederholenden Erdbeben plötzlich (31. Jan. 1811) eine Rauchsäule mit Feuerschein aus dem Meere aufsteigend gesehen, die acht Tage lang anhaltend sich erhob. Nach dieser Zeit hörte diese Eruption auf und der vorher 50 bis 80 Faden tiefe Meeresgrund war bis nahe unter den Wasserspiegel erhöht. Am 13. Juni traten von Neuem heftige Erdbeben ein und abermals sah man eine dichte Rauchwolke, aber 2½ Meilen weiter westlich als bei den früheren Erdbeben sich erheben. Nach Beendigung dieses Ausbruchs sah man eine etwa 300 Fuß hohe, an einem Ende kegelförmig zugespitzte, am andern Ende mit einem tiefen Krater, aus dem Feuer aufzusteigen schien, versehene Insel. Capitain Tillard, der sich eben in jenen Gegenden befand und die Insel untersuchte, fand sie aus Asche, Schlacken und ausgeworfenen Steinen zusammengesetzt, die sich noch fortwährend anhäuften und zuletzt einen 600 F. hohen Eruptionskegel bildeten. Diese lockeren Massen konnten jedoch dem anhaltenden Wellenschlage nicht lange widerstehen und bereits Ende Februar 1812 war diese Insel wieder unter dem Wasser verschwunden. Ein ähnliches Ereigniß fand vor der Südwestküste Sicilien's 1831 Statt, wo sich ebenfalls nach vorausgegangenen Erdbeben und wiederholten Erschütterungen an einer über 600 Fuß tiefen Stelle des Meeres plötzlich alle Zeichen eines unterseeischen vulkanischen Ausbruches entwickelten und die lockeren Auswürflinge, Schlacken, Sand, Asche sich so anhäuften, daß sie bis zum 29. Sept. eine 700 Meter im Umfange haltende und 70 Meter hohe Insel bildeten, die jedoch ebenfalls schon am 28. Dez. durch den Wellenschlag wieder zerstört war [19]).

Aehnliche Beispiele sind aus dem atlantischen und großen Oceane von mehreren Stellen bekannt, auch auf dem Festlande sind in gleicher Weise durch Erdbeben Erhebungen mit Bildung eines Kraters auf dem erhobenen Landstriche und Aufwerfen eines Aschenkegels öfter bemerkt worden [20]).

Eines der interessantesten Beispiele hat A. v. Humboldt bekannt gemacht; es ist die Entstehung des Vulkanes Jorullo in

Merico, die wir etwas näher betrachten wollen. — Im Juni des Jahres 1759 vernahm man in der mexicaniſchen Gegend, die zwiſchen den Vulkanen von Toluca und Kolima liegt, ſtarkes unterirdiſches Getöſe, dem heftige Erderſchütterungen folgten. Dieſe dauerten zwei volle Monate, im September öffnete ſich endlich die Erde und Ströme baſaltiſcher Lava ergoſſen ſich nach verſchiedenen Richtungen. Statt der früheren fruchtbaren Ebene zeigt die Gegend jetzt eine blaſenförmig bis zu einer Höhe von 480 Fuß ſich erhebende, mit Lava bedeckte Erhöhung, auf welche der 1550 über die Ebene emporragende eigentliche Vulkan Jorullo aufgeſetzt erſcheint, neben und um den noch ſechs kleinere Kegel ſich zeigen, die mit jenem gleichzeitig entſtanden und noch lange Rauch und Dämpfe ausſtießen.

An dieſe Beiſpiele reihen wir einige andere an, bei welchen es nicht zu der Bildung eines Vulkanes kam, ſondern in Folge von Erdbeben eine plötzliche Emportreibung Statt fand, oder auch eine derartige Bewegung mit einer allmäligen, langſamen, anhaltenden Erhebung abwechſelte. — Nahe an der Küſte von Arracan befindet ſich eine kleine Inſel, die aus drei Terraſſen beſteht (a b oben iſt ein Durchſchnitt nach a b), die ganz flach ſind, deren eine mit einem kleinen, nur 90 F. hohen Vulkane (V) beſetzt iſt. Man kann ſehr deutlich noch die frühere Geſtalt der Inſel erkennen. Vor 90 bis 100 Jahren hatte die Inſel die Form, welche durch den ſchattirten mittleren Theil angezeigt iſt, in deren Mitte der ſchmale weiße, den Vulkan V tragende Theil die höchſte Terraſſe darſtellt. Zu jener Zeit nun wurde die ganze Küſte von Arracan durch ein heftiges Erdbeben betroffen, das die ganze Inſel erhob, ſo daß ſie die jetzige, durch den äußerſten Umriß angegebene Geſtalt erhielt. Man trifft noch viele Korallenſtöcke und Muſcheln auf dem Boden an den mit den kleinen Kreuzchen bezeichneten Stellen, und den engliſchen Offizieren, welche im Jahre 1840 jene Inſel vermaßen, erzählte ein 106 Jahre alter Greis, daß er ſich ſehr wohl erinnere, da mit ſeinem Boote herumgefahren zu

ſein, wo ſie jetzt trockenen Fußes umherwandelten [21]). — Bei dem Erdbeben von Cutch 1819 wurde am öſtlichen Theile des Indusdelta, auf der großen Ebene, die ſich um daſſelbe erſtreckt, nach dem Erdbeben ein langer ſchmaler Wall von den Bewohnern der dortigen Gegend bemerkt, der ſtehen blieb, deſſen Höhe nur 10 Fuß, deſſen Länge 11 und größte Breite 3 geogr. Meilen betrug.

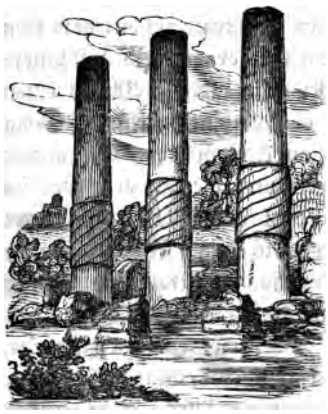
Die großartigſten Beiſpiele dieſer Art ſind jedoch von Südamerika's Weſtküſte, namentlich von Chili, bekannt, wo ſich Hebungen in dieſem Jahrhunderte zugetragen haben, die durch die Unterſuchungen der ausgezeichnetſten Naturforſcher beſtätigt worden ſind. Die erſte ereignete ſich 1822, wo nach einem heftigen Erdbeben die Küſte um 3—4 Fuß gehoben wurde. Nach dem Erdbeben traten bei Quintero Riffe, welche vor demſelben ſtets unter Waſſer geweſen waren, über daſſelbe hervor; Auſtern, Patellen und andere den Felſen anſitzende Muſcheln kamen nach dem Erdbeben mit den Theilen der Felſen, an denen ſie angeheftet waren, in's Trockene; Meyen, welcher im Jahre 1831 zu Valparaiſo war, verſicherte, noch die Schalen jener abgeſtorbenen Thiere und Reſte von Meerpflanzen an den Felſen anſitzend geſehen zu haben; nach ſeinen Beobachtungen und Erkundigungen iſt die ganze Küſte von Chili um etwa 4 Fuß damals gehoben worden. Auch Freyer, Caldcleugh und Darwin haben dieſe Erſcheinungen beſtätigt und denſelben Schluß — daß die Küſte von Chili gehoben worden ſei — daraus gezogen. — Eine Beſtätigung fand dieſe vielfach für „ein Mährchen" ausgegebene Thatſache durch eine ähnliche Hebung, welche dieſelbe Küſte bei dem Erdbeben am 20. Februar 1835 erlitt, und von Darwin und Capitain Fitzroy, der damals mit einer Aufnahme der Küſte beſchäftigt war, nachgewieſen wurde. Aus ihren Beobachtungen ergiebt ſich, daß damals das Feſtland um 4—5 F. erhoben worden war, jedoch bis zum April deſſelben Jahres wieder bis auf 2 oder 3 Fuß über ſein vorheriges Niveau zurückſank. Beſonders intereſſant waren die Erſcheinungen auf der 6 Meilen weſtſüdweſtlich von Concepcion liegenden Inſel Santa Maria. Dieſe in nordſüdlicher Richtung 1½ Meilen lange Inſel war an ihrem ſüdlichen Ende 8 Fuß, in der Mitte 9 Fuß und an ihrem nördlichen Ende über 10 Fuß hoch erhoben worden, daher man annehmen muß, daß der ganze umliegende Meeresgrund um etwa 9 Fuß aufwärts geſtiegen ſei, was auch durch wirkliche Sondirungen

beſtätigt wurde. Ein großes, flaches Felſenriff an der Nordſeite der Inſel, welches vor dem Erdbeben größtentheils unter dem Waſſer lag, war mit Tauſenden von Muſcheln über den Waſſerſpiegel heraufgetreten, ſo daß die Verweſung dieſer Thiere einen unerträglichen Geſtank verbreitete [22]). — Eine noch neuere Hebung fand bei dem Erdbeben von Valdivia am 7. November 1837 Statt; Capitain Coſte, welcher fünf Wochen ſpäter die Inſel Lemus im Chonos-Archipelagus beſuchte, fand dort den Meeresgrund um 8 Fuß höher, als zwei Jahre vorher und einige Klippen, welche ehemals immer unter Waſſer ſtanden, ſah er über dem Waſſer aufragen und bedeckt mit verweſenden Muſcheln und Fiſchen.

Aehnliche Hebungserſcheinungen, von Augenzeugen beglaubigt, finden ſich in dem mittelländiſchen Meere bei der Inſel Santorin,

die, wie die Figur zeigt, faſt ⅔ eines Kreiſes bildet, deſſen letztes Drittel, unterbrochen, theilweiſe von den beiden kleineren Inſeln Therafia und Aſproniſi gebildet wird, die wohl einſt zuſammenhingen, wie dieß wenigſtens für Therafia ſicher iſt, das nach Plinius durch ein Erdbeben von Santorin losgeriſſen wurde. In der Mitte dieſes kraterförmigen Meeresbaſſins finden ſich nun die drei Inſeln Hiera oder Palaco-Kammeni (H der Figur) Mikra-Kammeni (M) und Neo-Kammeni (N), die theils ohne vulkaniſche Eruptionen oder Erdbeben, theils von denſelben begleitet aus dem Meere emporſtiegen und zwar die erſte 186 v. Chr., die zweite 1573, die dritte 1707 n. Chr. Eine vierte, die 19 n. Chr. entſtand (Thia), wurde ſpäter durch fortgeſetzte Emportreibungen mit Hiera vereinigt [23]).

Ein ſehr intereſſantes Beiſpiel einer Hebung nach vorausgegangener Senkung bieten die Ruinen des Serapistempels bei Puzzuoli, einige Stunden von Neapel. Man findet an demſelben noch drei aufrechtſtehende, 40 Fuß hohe, aus einem Stücke gearbeitete Marmorſäulen. Als man den Tempel 1749 entdeckte, waren die Säulen bis zur Hälfte von vulkaniſcher Aſche, Sand ꝛc. bedeckt. Nach der Wegräumung dieſer Maſſen fand man die Säulen bis zu 12 Fuß über ihrer Baſis glatt und unverſehrt, dann aber einen 9 Fuß breiten Gürtel an denſelben von Bohrmuſcheln durchlöchert, deren Schalen noch in den Löchern ſteckten, wie ſie in der



benachbarten See in den Felsen gefunden werden. Das Wasser mußte also offenbar früher bis zu 21 Fuß Höhe an den Säulen gestanden haben. Da man diesen Tempel aber gewiß nicht unter Wasser gebaut hatte, so mußte derselbe so tief gesunken sein, daß er theilweise unter das Niveau des nahen Meeres zu stehen kam und die Bohrmuscheln sich in dieser Zeit in die Säulen eingraben konnten; deren unterer Theil bis zu 12 Fuß Höhe von Schichten vulkanischer Asche gegen die Bohrmuscheln geschützt war, die später, nachdem der Tempel bereits wieder über das Meer gehoben war, noch reichlicher fallend, dieselben halb bedeckten. Zu seinem früheren Niveau ist derselbe jedoch noch nicht vollkommen wieder gehoben, indem der Boden des Tempels noch gewöhnlich von dem Meere überspült wird. Sowohl nördlich wie südlich von Puzzuoli finden sich eine Menge von Beispielen für frühere Senkungen und spätere Hebungen an Felsen und Gebäuden, welche dasselbe wie die Ruinen des Serapistempels erkennen lassen [24]).

An dieses letzte Beispiel, das uns zugleich einen Beweis für die frühere Senkung jenes Landstriches lieferte, reihen wir am füglichsten einige historische Beispiele von Senkungen anderer Gegenden an. — Wir haben bei der Besprechung der vulkanischen Eruptionen schon der Einstürze der Vulkane selbst Erwähnung gethan, und wie mit dem Gipfel zugleich eine mehr oder weniger ausgedehnte Gegend versank, wie dieß bei Ausbrüchen des Papandayang auf Java und des Tomburu auf der Insel Sumbava der Fall war. Bei dem Ausbruche des letzteren sank die Umgegend um den Vulkan mit der Stadt Tomburu so stark, daß, trotz des ungeheueren Aschenregens, das Meer 18 Fuß hoch über derselben stand. (Lyell.) Theilweise sind es ungeheuere Spalten, welche sich bei Erdbeben bilden, in welche sich die an dieselben grenzenden Theile der Oberfläche hinabstürzen, theilweise sinken aber auch ausgedehnte Stücke aus der Oberfläche senkrecht hinab, oft nur um

wenige Fuß nachher tiefer liegend und ohne daß die darauf befindlichen Gegenstände, Bäume, Gebäude u. dgl., beschädigt werden oder umstürzen. — So bildete sich in Calabrien 1783 bei Oppido ein Abgrund, welcher als eine 500 Fuß lange, 200 Fuß tiefe kesselförmige Einsenkung zurückblieb, obwohl eine bedeutende Menge von Erdreich mit Bäumen und Weinstöcken in denselben gestürzt war; bei dem Erdbeben von Lissabon versank der neue steinerne Quai, auf den sich Tausende von Menschen vor den einstürzenden Häusern geflüchtet hatten, mit diesen und vielen Fahrzeugen, die an ihm vor Anker lagen, und der Tajo zeigte nach dieser Katastrophe eine Tiefe von 600 Fuß an dieser Stelle. — Bei dem schon erwähnten Erdbeben, welches 1819 das Indusdelta betraf, senkte sich am östlichen Arme des Flusses ein Landstrich von 94 g. □ Meilen allmälig so stark, daß derselbe durch Einströmen des Meeres zu einem großen See wurde. Das Fort Sindree, welches an dem Flusse lag, stürzte dabei nicht zusammen, der eine Thurm und die Dächer anderer Gebäude sahen noch aus dem Wasser hervor und man konnte die Bewohner des Forts, die sich auf jenen Thurm geflüchtet hatten, des andern Tages mit Booten abholen. Noch 19 Jahre nachher konnte man den Thurm und anderes Gemäuer aus dem durch die Einschwemmungen des Flusses unterdessen seichter gewordenen See hervorstehen sehen [25]).

An diese Beispiele aus historischer Zeit und durch historische Zeugnisse beglaubigt, reihen wir diejenigen früherer Zeiten an, die durch natürliche Zeichen sich bemerklich machen und diejenigen, welche ohne plötzliche Erschütterungen nicht auf einmal, sondern nach und nach eintreten, deren Zustandekommen erst nach einem längeren Zeitraume in die Augen fällt. Es lag sehr nahe, an Orten, welche gegenwärtig vor unseren Augen sich plötzlich oder allmählich um einige Fuß erhoben zeigen, nach Zeichen zu suchen, welche auf das Eingetretensein derselben Wirkungen aus früheren Zeiten schließen lassen, und so hat man denn in der That an den Küsten Südamerika's an vielen Punkten die deutlichsten Beweise gefunden, daß das Meer früher viel höher an der Küste hinaufreichte als jetzt. Strandlinien findet man mit festsitzenden Balanen, Muscheln ꝛc. z. B. in der Nähe von Valparaiso, mehrfach übereinander bis zu 50 Fuß hoch an den Felsen hinauf. Darwin hat an der Küste von Coquimbo 5—7 schmale

Uferterraſſen über einander gefunden, die ſich in den nach dem Meere zu offenen Thälern über 7 geogr. Meilen landeinwärts verfolgen laſſen, und 400—500 F. hoch über dem jetzigen Meeresniveau viele Schalen noch jetzt in dem dortigen Meere lebender Muſcheln enthalten. An einzelnen Punkten hat er ſogar 1300 F. über dem Seeſpiegel dieſelben Muſchelablagerungen gefunden. Auf der Inſel San Lorenzo bei Callao fand derſelbe Naturforſcher drei Muſchelbänke übereinander, die tiefſte wenig über dem jetzigen Meeresſpiegel, die zweite 85, die dritte 170 Fuß über demſelben. Auch an der Küſte vom Plataſtrome an ſüdwärts bis nach Feuerland finden ſich dieſelben Zeichen für den früheren höheren Stand des Meeres; in Patagonien zeigen ſich acht verſchiedene Uferterraſſen bis zu 400 Fuß über dem jetzigen Strande übereinander. Auch weiter aufwärts im Thale des Plata hat man ſolche Muſchelablagerungen gefunden. d'Orbigny fand 92 F. über dem Spiegel des Parana 6—9 Fuß hohe Sandhügel, die ganz angefüllt ſind mit Muſcheln, welche jetzt an der Mündung des Plata und bei Buenos Ayres leben. d'Orbigny bemerkt, daß die Erhaltung der urſprünglichen Stellung dieſer Schalen, und überhaupt die ſcharf von einander geſchiedenen Strandlinien für eine plötzliche Hebung ſprächen, indem bei einem allmäligen Zurückweichen des Meeres die Muſchelſchalen von den Wellen bearbeitet, zertrümmert und durcheinandergerollt werden, und ſtatt einer Strandlinie ein zuſammenhängender breiter Saum von derartigen Meerreſten bis zu dem jetzigen herabreichend ſich zeigen müßte. (Naumann, a. a. O. p. 262.)

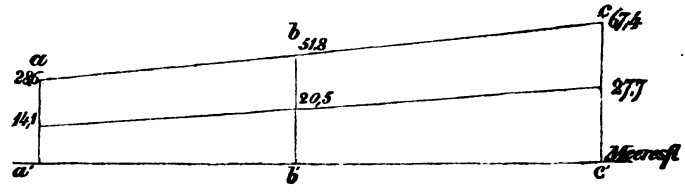
Wir wollen noch einige Beiſpiele der Art anführen: Der ſchon oft erwähnte F. Hoffmann hat auf Sicilien viele Beobachtungen gemacht, welche den früheren höheren Stand des mittelländiſchen Meeres an ſeinen Küſten darthun. Bei Palermo laſſen ſich an dem Fuße der ſchroff aufſteigenden Berge Ablagerungen von lockeren Maſſen, aus Meeresſand und Geröllen beſtehend, nachweiſen, in denen bis zu einer Höhe von 250 Fuß über dem jetzigen Meere eine Menge von Conchylien aus demſelben angetroffen werden. In einer Grotte dieſer Berge, 180 F. über dem Meere, findet man 8 F. über dem Boden derſelben einen Streifen horizontal verlaufend, der noch mit feſtanſitzenden Schalen von Muſcheln ꝛc. beſetzt iſt, und unter demſelben iſt das Geſtein von

Tausenden der Bohrmuscheln des dortigen Meeres durchlöchert; der Boden der Grotte selbst ist mehrere Fuß tief von Meeressand bedeckt, in dem eine Menge von Muscheln angetroffen werden, wie sie jetzt noch tief unten im Meere leben. Sartorius hat ähnliche Strandablagerungen mit sehr wohl erhaltenen Muscheln in verschiedenen Höhen des Aetna von 30 Fuß bis zu 1000 Fuß über dem jetzigen Stande des Meeres angetroffen. In gleicher Weise hat man sie auf Sardinien in 150 Fuß Höhe, an dem Felsen von Gibraltar stufenweise in 50, 70, 170, 264 und 600 F. Höhe angetroffen.

Beispiele von einem früheren Weiterheraufreichen des Meerspiegels finden sich an den Westküsten von Frankreich; ebenso sind sie an zahlreichen Punkten der Westküste von England und Schottland, wo alte Strandablagerungen mit den Muscheln, wie sie jetzt noch an jenen Küsten leben, in Höhen von 50, 120, 500, ja selbst 1300 F. über dem jetzigen Meeresspiegel angetroffen werden.

Eines der bekanntesten und am meisten besprochenen Beispiele der Aenderung des relativen Standes von Meer und Land bietet die skandinavische Halbinsel, auf deren Verhältnisse wir etwas näher eingehen wollen. — Vor mehr als 100 Jahren (1743) machte der berühmte schwedische Naturforscher Celsius Mittheilungen, aus denen hervorzugehen schien, daß nicht nur die Ostsee, sondern auch die Nordsee an den Küsten Skandinavien's sinke und zwar durchschnittlich ungefähr um 40 schwedische Zoll in einem Jahrhunderte. Gefährliche, unter dem Wasser früher verborgene Klippen träten über dasselbe hervor, an vielen Punkten vergrößere sich das Festland durch Zurückweichen des Meeres, frühere Häfen lägen jetzt nicht mehr am Meere u. s. f. Celsius, Linné u. A. nach ihnen glaubten wirklich durch eine Abnahme des Ostseewassers diese Erscheinungen erklären zu müssen, und obwohl hie und da auch die entgegengesetzte Ansicht ausgesprochen wurde, daß nämlich das Land über die gleichbleibende Ostsee emporsteige, kam sie erst zur Discussion, als L. v. Buch nach seiner Bereisung jener Gegenden und Untersuchung der Küsten auf das bestimmteste die Ueberzeugung aussprach, daß Schweden langsam emporgehoben werde, daß also das Sinken der Ostsee nur scheinbar sei. Es wurden nun, um ferner sichere Anhaltspunkte für die Beobachtung zu haben, an vielen Punkten Zeichen in die Felsen gehauen, und dieselben 1820

und 1821 von Bruncrona mit Hülfe der Lootſen unterſucht. Es ſtellte ſich dabei als ſicheres Reſultat heraus, daß das Waſſer jetzt überall unter jenen Zeichen ſtehe und zwar an verſchiedenen Stellen um verſchiedene Räume. — So wohl begründet dadurch auch die Erſcheinung ſelbſt erſchien, ſo gab es doch nicht Wenige, welche dieſelbe noch zu läugnen, oder auf eine andere Weiſe als L. v. Buch erklären zu können hofften. Unter dieſen war einer der größten engliſchen Geologen, Ch. Lyell, der als Gegner jener Theorie ſich ſelbſt an Ort und Stelle verfügte, und durch ſeine eigenen ſorgfältigen Unterſuchungen von der Richtigkeit derſelben ſich überzeugte und noch außer den ſchon bekannten eine Menge neuer Beweiſe für ſie beibrachte. — Er fand eine ungleiche, von Norden nach Süden immer geringer werdende, ſcheinbare Abnahme des Meeres nicht nur in der Oſtſee, an der Oſtküſte von Schweden, ſondern auch an der Weſtküſte von Schweden, im Kategat, während ſie nach der Südſpitze zu und an der Inſel Seeland ganz unbemerkbar war, die Oberfläche der See keine wahrnehmbare Aenderung erfahren hatte, bei Schonen ſogar das Gegentheil, nämlich ein ſcheinbares Steigen des Meeres, ſich zeigte. — Aber auch die Weſtküſte Norwegen's zeigt dieſelben Erſcheinungen. Vom Cap Lindesnaes bis hinauf zum Nordcap hat man Ablagerungen jetzt lebender Conchylienſpecies der Nordſee bis zu 400, ja ſtellenweiſe bis zu faſt 600 Fuß über dem jetzigen Waſſerſpiegel gefunden, wie dieſes von L. v. Buch, Keilhau, Robert, Bravais, die zum Theil mit der Abſicht, dieſen Gegenſtand genau zu unterſuchen, jene Küſtengegenden bereiſt haben, gefunden wurde. Eine Beobchtung wollen wir nur noch beſonders hervorheben, welche von Bravais bei Hammerfeſt gemacht wurde. In dem dortigen Altenfjorde laſſen ſich zwei alte Uferlinien auf 16 bis 18 Seemeilen-Länge verfolgen, die ſcheinbar vollkommen horizontal übereinander verlaufen. Mißt man jedoch die Entfernungen beider an verſchiedenen Punkten, ſo zeigt ſich, daß ſie mit einander einen



Winkel machen und in der Wirklichkeit einen Verlauf haben, wie es die vorſtehende Figur angiebt, wo die Entfernungen von dem jetzigen Meeresſpiegel in Metern angegeben ſind *). — Landeinwärts wird der Abſtand der drei Linien immer größer; man ſieht, wie weder die oberſte mit der zweiten, noch dieſe mit der jetzigen Strandlinie parallel läuft, ſo daß alſo von einem einfachen Sinken des Meeres hier gar keine Rede ſein kann, ſonſt müßten die drei Linien einander parallel ſein. — Auch auf der Inſel Spitzbergen fand E. Robert Muſchelablagerungen noch jetzt in dem dortigen Meere vorkommender Species 120 Fuß über dem jetzigen Stande des Meeres. — Daſſelbe Reſultat haben aber auch Unterſuchungen der Nordküſte von Rußland und Sibirien ergeben, wo ſich ähnliche Muſchelablagerungen von jetzt lebenden Species an verſchiedenen Punkten bis zu 45 geogr. Meilen landeinwärts und 150 Fuß über dem jetzigen Meeresſpiegel finden. — Nach Forchhammer's gründlichen Unterſuchungen zeigt auch ein großer Theil Dänemark's, namentlich der Nordküſte von Jütland, ſehr deutliche Beweiſe, daß das Meer früher höher herauf an dem Lande geſtanden ſei, als gegenwärtig. — Dieſelbe Wahrnehmung iſt auch an den Küſten des indiſchen Oceans gemacht worden. Nach Dr. Buiſt zu Bombay zeigt die Wüſte von Suez bis Cairo die deutlichſten Spuren einer uralten Bedeckung durch das rothe Meer; rings um Suez laſſen ſich landeinwärts bis zu 20 engl. Meilen Schichten von Meerſand und Kies verfolgen mit ganz wohl erhaltenen Conchylien des rothen Meeres, die 8 Fuß über dem höchſten Fluthſtande liegen. Dieſe alte Strandbildung läßt ſich bis Aden verfolgen. — Bei Bombay, an der Küſte von Vorderindien, an Ceylon hat man dieſelbe Beobachtung gemacht. — Auf der Inſel Mauritius finden ſich ziemlich weit landeinwärts 25 Fuß über dem höchſten Fluthſtande noch auf dem Boden feſtſitzende Korallenriffe derſelben Art, wie ſie an der jetzigen Küſte wachſen. — Auch für die Küſte von Oſtafrika, für Neufundland iſt ein ſcheinbares Sinken des Meeresſpiegels nachgewieſen worden. — Die Beweiſe, welche die Korallenriffe ſelbſt für abwechſelnde Hebungen und

*) Die Höhe a a', b b', c c' iſt hier im Vergleich zu der Länge der Linien übertrieben dargeſtellt, d. h. es iſt wohl das Verhältniß der drei Dimenſionen nach der ſenkrechten Richtung richtig, aber die Entfernung von a, b und c iſt viel zu gering zu dem für a a' ꝛc. angenommenen Maßſtabe.

Senkungen ausgedehnter Parthieen des großen und indiſchen Oceans liefern, werden wir ſpäter noch beſprechen [26]).

Wir wollen jetzt noch einige Beiſpiele für allmälige, nicht im Gefolge von Erderſchütterungen eintretende Senkungen anführen. Es iſt ſehr merkwürdig und zeigt ebenſo entſchieden, wie das ungleiche ſcheinbare Sinken des Meeres an einer Küſte, daß von dem Meere aus nicht dieſe Erſcheinungen abhängen, daß wir Senkungen an denſelben Punkten mit Hebungen abwechſeln, oder ſie ganz in der Nähe von jetzt noch über das Meer aufſteigenden Punkten eintreten ſehen. — Wir haben als ein ſolches Beiſpiel abwechſelnder Hebung und Senkung den Serapistempel angeführt. Auch Schweden lieferte ein ſehr ſprechendes Beiſpiel derſelben Art. Als man nämlich einen Kanal zur Verbindung des Maelarſees mit der Oſtſee grub, kam man 64 Fuß tief unter der jetzigen Oberfläche auf eine Fiſcherhütte, die aus Holz erbaut war und namentlich in ihrem unteren Theile ſich wohl erhalten zeigte. Auf dem Boden der Hütte befand ſich ein Feuerherd, auf dem noch Aſche und verkohltes Holz lag, daneben Späne von einer Fichte, noch mit den Nadeln, wie mit einer Art abgehauen. Die ganze Maſſe, welche über der Hütte 64 Fuß hoch durchgraben worden war, beſtand aus Mergeln und Sand, die eine Menge von Oſtſeemuſcheln, Reſte von Booten, Nägel und einen Anker eingeſchloſſen enthielten, alſo jedenfalls ehemals Meeresgrund gebildet hatten. Die Hütte, die gewiß nicht in das Meer gebaut worden war, muß alſo ſo lange und ſo tief unter dem Meere geſtanden haben, daß ſich jene 64 Fuß dicken Meeresbildungen über ſie hinlagern konnten. Gegenwärtig befindet ſich ihr Boden wiederum ziemlich in gleicher Höhe mit dem jetzigen Spiegel der Oſtſee.

Wir haben ſchon erwähnt, daß die Hebung Schweden's ungleich iſt, im Norden ſtärker ſei, gegen Süden abnehme, ja in Schonen hat man ſelbſt ein Sinken des Landes, ein ſcheinbares Steigen des Meeres beobachtet. Bei Trelleborg, bei Malmoe hat man z. B. alte Straßenpflaſter gefunden, die jetzt unter dem Waſſerſpiegel ſich finden, Torfmaſſen, aus Landpflanzen gebildet, liegen jetzt 2 Fuß unter der Oberfläche des Meeres u. ſ. f. *). An der Küſte von Grönland ſieht man die Mauern von Gebäuden

*) Poggendorff's Annalen Bd. 42. p. 473.

unter dem Waſſer ſtehen, die früher gewiß auf dem Lande ſtanden, ſo bei Frederikehaab, bei Godthaab und andern Orten *).

Für Senkungen finden wir natürlich weniger und ſchwerer deutliche Zeichen, als für das Gegentheil, indem das Meer wohl überall Spuren ſeines früheren höheren Standes hinterläßt, aber ein Höherheraufrücken des Strandes nur da erkannt wird, wo das Meer mit Gebäuden oder Wäldern in Berührung kommt und dieſe verſenkt erſcheinen. — Verſunkene Wälder hat man namentlich an vielen Punkten der Küſte von England und Frankreich aufgefunden. In Cornwall, Devonſhire und Somerſetſhire ſind ſie ziemlich häufig, meiſt ſtehen die Stöcke noch aufrecht und eingewurzelt, während die abgebrochenen Stämme daneben liegen. Bei Baſinbridge hat man 6 Fuß unter dem Waſſer römiſche Straßenbauten gefunden. Auch an der Oſtküſte England's und Schottland's hat man ſolche unterſeeiſche Wälder vielfach angetroffen, zum Theil 15—25 Fuß hoch mit Thonlagern überdeckt, die mit Meeresconchylien angefüllt ſind, und jetzt theilweiſe über das Meer emporragen **). — An den franzöſiſchen Küſten kennt man ebenfalls derartige Beiſpiele untergegangener Wälder. Die Küſten der Normandie und der Bretagne ſind es, an denen man noch die Reſte derſelben unter dem Waſſer ſieht. Bei Morlair, Beauport und Cancale, bei welchem Orte ſie hiſtoriſch zu Anfang des 8. Jahrhunderts verſanken, ſieht man zum Theil auch noch Ruinen von Gebäuden ſtehen ***).

Daß in großer Ausdehnung im ſtillen Ocean Senkungen Statt finden, dafür liefern uns ebenfalls die Korallenriffe deutliche Beweiſe, die wir ſpäter noch betrachten werden, wenn wir von dem wunderbaren Baue dieſer kleinen Thierchen zu ſprechen haben.

Wir haben nun alle die Erſcheinungen angeführt, welche ſich an den Küſten der verſchiedenen Meere zeigen und uns zunächſt nur erkennen laſſen, daß der Waſſerſpiegel eine Veränderung erlitten habe, daß das Meer an der Küſte höher oder niedriger zu ſtehen gekommen iſt, als zu einer anderen Zeit, geſtiegen oder gefallen zu ſein ſcheint. — Die große, lange discutirte Streitfrage iſt nun die: Liegt der Grund dieſer Erſcheinungen im

*) Leonhard u. Bronn, Neues Jahrbuch für Mineralogie ꝛc. 1837. p. 339.
**) De la Beche, Handbuch der Geognoſie, überſetzt von Dechen, p. 158.
***) Naumann, a. a. O. p. 297.

Meere oder in dem Lande? Iſt das Meer in ſeinem Niveau gleich geblieben und hat ſich das Land gehoben oder geſenkt, oder iſt das Land unbeweglich geblieben und iſt der Meeresſpiegel geſunken oder geſtiegen? Das geht natürlich unmittelbar aus der Beobachtung nicht hervor. Es iſt ja der Effect ganz derſelbe, ob ich einen Stab z. B. aus einem Gefäße mit Waſſer theilweiſe herausziehe, oder den Stab ruhig laſſe und einen Theil des Waſſers aus dem Gefäße weggieße. In beiden Fällen wird ein größerer Theil des Stabes von Waſſer entblößt werden. Es finden ſich jedoch eine große Menge von Erſcheinungen, welche die eine jener beiden Erklärungsweiſen, nämlich ein wirkliches Sinken des Meeres als Grund für jene anzunehmen, als abſolut unhaltbar darthun und ſich nur unter Annahme der Hebung des Landes erklären laſſen. Wir wollen nur kurz die Orte noch einmal nach ihrer geographiſchen Lage angeben, an welchen ein derartiges ſcheinbares Sinken des Meeres bemerkt wurde. Es ſind in Europa: Spitzbergen, die Küſte von Nordrußland, die ganze Küſte von Norwegen und Schweden, Jütland, die Weſtküſte von Schottland, England, Irland, Weſtfrankreich; im mittelländiſchen Meere Gibraltar, Sardinien, Neapel, Sicilien, Santorin; in Amerika: Neufundland, der ſüdliche Theil Südamerika's vom La Plata bis Cap Horn, die Weſtküſte Südamerika's bis Peru hinauf; in Aſien und Afrika: Ceylon, Vorderindien, das rothe Meer, die Inſel Mauritius. Außerdem noch ein großer Theil der Koralleninſeln des indiſchen und großen Oceans.

Ueberblicken wir einmal alle dieſe Gegenden, ſo ſehen wir, daß ſie alle Oceane und alle Meere umfaſſen, daß alſo von einer Ausgleichung einer allenfalls vorhandenen Ungleichheit zweier oder mehrerer Meere durchaus nicht die Rede ſein kann; denn eines müßte doch da ſein, welches tiefer liegt als die anderen, gegen das dieſe ihren höheren Waſſerſtand ausglichen. Wenn aber das nördliche Eismeer, der atlantiſche Ocean mit ſeinen Nebenmeeren, der große Ocean, der indiſche Ocean alle abnehmen ſollen, ſo fragt man billig, wohin denn aus allen dieſen Meeren das Waſſer fließen ſoll? In das ſüdliche Eismeer? Unglücklicher Weiſe kommt aus dieſem aber überall eine ſtarke Strömung gegen den Aequator zu herab, und es bleibt alſo auch dieſer Ausweg verſchloſſen. Wir wollen nur an einigen Beiſpielen die Un-

haltbarkeit der Annahme des Sinkens des Wassers näher nachweisen. Eine derartige Erklärung, die Annahme eines wirklichen Fallens des Ostseespiegels, war möglich, so lange weitere Beispiele und genauere Untersuchungen dieses einen nicht vorhanden waren, ist aber jetzt nicht einmal mit den Erscheinungen an Schweden's Küsten selbst vereinbar. Man hatte nämlich gefunden, daß der Spiegel der Ostsee um 8 Fuß höher gelegen sei*), als der der Nordsee, und nun lag es sehr nahe, anzunehmen, daß fortwährend das Wasser aus der Ostsee ausströme und dadurch an Schweden's Küste sinke; eine Erklärung, die noch dadurch an Wahrscheinlichkeit gewann, daß die deutschen und holländischen Küsten der Nordsee ein Steigen des Meeres erkennen lassen. Was müßte aber die Folge sein, wenn ein derartiges Ausfließen und Seichterwerden der Ostsee Statt fände? Offenbar müßte sie an allen Punkten von Schweden sich zeigen. Nun ergiebt sich aber, daß dieses nicht der Fall ist: der Ostseespiegel fällt bei Stockholm, Kalmar, steigt an der Küste von Schonen und fällt wieder bei Uddevalla an der Westküste Schweden's. Wenn das Wasser von Kalmar an Schonen und Uddevalla vorbei durch das Kategat hinausströmt, warum fällt es bloß an dem ersten und letzten Orte und steigt in der Mitte zwischen diesen beiden? Es bleibt nichts Andres übrig, als anzunehmen, daß es eben bei Schonen — allerdings ganz gegen seine sonstige Gewohnheit — einmal berganlaufe und sich in die Höhe begebe, ohne allen Grund und Veranlassung. Doch wir wollen es noch weiter begleiten. Die Nordsee soll höher sein, als die Ostsee; darum fließt das Wasser aus der Ostsee in die Nordsee. Da müßte doch die Nordsee tiefer werden und steigen; das thut sie auch, sagt man, an der deutschen und englischen Nordseeküste. Wie kommt es aber, daß dieselbe Nordsee längs der ganzen norwegischen Küste fällt, und noch dazu auf eine so sonderbare Weise, wie es bei Hammerfest der Fall ist, wo unter der Voraussetzung des Sinkens des Meeresspiegel angenommen werden muß, daß das Meer früher oder jetzt keinen horizontalen Stand gehabt habe, sondern lange Zeit eine geneigte Oberfläche behalten habe? Wir sehen ferner, daß fortwährend ein starker Strom Wassers aus dem atlantischen Ocean sowohl wie aus dem schwarzen Meere

*) Wegen der Unsicherheit dieser Angabe siehe übrigens Kap. VII. Anm. 5.

in das mittelländische sich ergießt und doch wird dasselbe auch scheinbar seichter, wie es Sardinien, Sicilien, die neapolitanische Küste beweisen. Warum finden wir hier trotzdem eine scheinbare Abnahme des Meeres? Wir wissen ferner, daß aus den arctischen Regionen fortwährend Strömungen gegen den Aequator zu Statt finden. Wie kommt es nun, daß trotz dieser Strömungen, die mindestens so stark sind, als die aus der Ostsee in die Nordsee, die von den Küsten Grönland's z. B. abwärts Wasser führen, diese Küsten kein Fallen, sondern gerade ein scheinbares Steigen des Meeres erkennen lassen? Alle diese sonderbaren Erscheinungen verlieren aber das Befremdliche und lassen gar nichts Unerklärliches zurück, wenn wir annehmen, daß sie bei unverändertem Meeresspiegel durch Hebungen des Landes hervorgerufen wurden. Die scheinbare Unregelmäßigkeit der Veränderung im Stande des Meeres an wenig von einander entfernten Orten, oder an Küsten ein und desselben Meeres läßt sich eben sehr leicht aus dem verschiedenen Maaße der Hebung der verschiedenen Punkte oder selbst der Senkung eines Theils bei gleichmäßiger Hebung eines anderen erklären [27]).

Wir werden in einem der nächsten Kapitel sehen, wie überhaupt die Entstehung des Festlandes unter Annahme derselben Theorie und unter Voraussetzung, daß dieselben Kräfte, wie jetzt, auch früher auf der Erde sich thätig gezeigt haben, sich leicht und ungezwungen erklären läßt, während der Versuch, auch diese Erscheinungen von einem immer stärkeren Sinken des Meeres herzuleiten, auf die sonderbarsten Widersprüche, ja geradezu auf Absurditäten führt. Wir haben die in den beiden letzten Kapiteln besprochenen Erscheinungen sämmtlich als sogenannte vulkanische unter eine Klasse zusammengefaßt, ohne bis jetzt eine nähere Begründung ihres Zusammengehörens zu geben. Ehe wir auf die letzte Ursache aller dieser Thätigkeitsäußerungen eingehen, wollen wir die für ihren Zusammenhang sprechenden Erscheinungen anführen, zunächst für Erdbeben und vulkanische Eruptionen. Vor Allem ist hier hervorzuheben, daß die vulkanischen Eruptionen durch mehr oder weniger heftige Erdbeben eingeleitet werden und in einer ganz bestimmten Wechselwirkung zu einander stehen. Die Erdbeben gehen der eigentlichen vulkanischen Eruption voraus, sie erschüttern den Berg und die Umgegend am heftigsten, so lange derselbe ver-

ſtopft iſt und laſſen nach, oder hören auch ganz auf, ſo wie der Berg eröffnet und den eingeſperrten Dämpfen und Gaſen, deren Beſtreben ſich auszudehnen eben den Berg erſchütterte, ein ungehemmter Ausweg geſtattet iſt. „In Neapel, Meſſina und Katania iſt es eine vom Volke allgemein anerkannte Regel, daß man von den Beſorgniſſen vor den Wirkungen der Erdbeben befreit ſei, ſobald ſich der Veſuv oder Aetna im Zuſtande des Auswerfens befindet*).“ Niemals, bemerkt A. v. Humboldt, fürchtet man ſich am Fuße des Tunguragua und Cotopaxi mehr vor den Erdbeben, als wenn lange keine Dampfentwicklung auf ihren Gipfeln Statt gefunden hat. „An zwei Kraterrändern gelagert, am Veſuv und auf dem thurmartigen Fels, welcher den ungeheueren Schlund des Pichincha von Quito überragt, habe ich periodiſch und ſehr regelmäßig Erdſtöße empfunden, jedesmal 20—30 Secunden früher, als brennende Schlacken oder Dämpfe ausgeſtoßen wurden. Die Erſchütterung war um ſo ſtärker, als die Exploſionen ſpäter eintraten und alſo die Dämpfe länger angehäuft blieben. In dieſer einfachen, von ſo vielen Reiſenden beſtätigten Erfahrung liegt die allgemeine Löſung des Phänomens. Die thätigen Vulkane ſind als Schutz- und Sicherheitsventile für die nächſte Umgebung zu betrachten**).“ Daher ſind die heftigſten Erdbeben immer entfernt von Vulkanen verſpürt worden, eben weil der Widerſtand der den vulkaniſchen Kanal verſtopfenden Maſſen nicht ſo groß iſt, als derjenige, den die noch nie mit einem ſolchen Kanal verſehenen Gegenden leiſten.

In welchem engen Zuſammenhange aber im Innern der Erde auch die entfernteſten Gegenden ſtehen, das zeigt ſich eben durch die Geſchichte der Erdbeben und Vulkanausbrüche. Schweigen die Vulkane, ſo ſind die Erdbeben häufig, öffnen ſich wieder die Krätere, ſo kommen entfernte Gegenden zu Ruhe; ſo oft auch Calabrien, ziemlich gleich weit vom Aetna wie vom Veſuv gelegen, von Erdbeben heimgeſucht wurde, nie hat gleichzeitig eine Eruption eines dieſer beiden Vulkane Statt gefunden. Von 1771 bis 1778 z. B. waren der Aetna wie der Veſuv ſehr ruhig, während ganz Italien unaufhörlich von Erdbeben erſchüttert wurde, als aber

*) Fr. Hoffmann, hinterlaſſene Werke II. 432.
**) Kosmos I. p. 222.

1778 im September der Veſuv eine Eruption zeigte, hörten die Erdbeben auf, bis das große Erdbeben von Calabrien 1783 eintrat, während deſſen weder der Veſuv noch der Aetna thätig waren. Auch für die amerikaniſchen Erdbeben und Vulkane iſt ein derartiger Zuſammenhang und Antagonismus nachgewieſen, wie für die italieniſchen [28]).

Sehr deutlich giebt ſich der Zuſammenhang auch in dem Verhalten der Vulkane bei fernen Erdbeben zu erkennen. Bei dem großen Erdbeben von Liſſabon ſah man plötzlich am Veſuv die Rauchwolke deſſelben in den Krater zurückſchlagen. Ebenſo hörte der Vulkan von Paſto in Columbia, der zu Anfang des Jahres 1797 fortwährend dicke Rauchwolken ausgeſtoßen hatte, genau in demſelben Augenblicke auf zu rauchen, als am 4. Febr. 60 Meilen weit davon Riobamba von dem fürchterlichen Erdbeben zerſtört wurde.

Wir haben ſchon S. 107 erwähnt, wie auch bei Erdbeben ganz dieſelben Produkte zum Vorſchein kommen, wie bei vulkaniſchen Eruptionen, Auswerfen von Schlacken, Aſche, Dämpfen, ſelbſt Flammen und Waſſer, ja daß ſelbſt in Folge und als Schluß von Erdbeben ſich neue Vulkane gebildet haben. Der Jorullo in Mexiko iſt ein Beiſpiel hiefür, die neu entſtandenen Inſeln Sabrina, Ferdinandea können ebenfalls als ſolche dienen.

Es würde zu weit führen, die vielen Beiſpiele von dem Zuſammenhang der Erdbeben und Vulkane aufzuführen und deren Analogie noch weiter zu erörtern. Wir führen zum Schluſſe noch die Worte v. Hoff's an, der die hierher gehörigen Beobachtungen auf das ausführlichſte zuſammengeſtellt hat. „Es zeigt ſich bei allen, den Erdbeben angehörigen Erſcheinungen eine Aehnlichkeit mit den Phänomenen der Vulkane, welche kaum erlaubt zu zweifeln, daß beide von einerlei Urſachen hervorgebracht werden und nur verſchiedene Arten ſind, wie ſich die Wirkungen dieſer Urſachen zu erkennen geben, nach Verſchiedenheit der Lage und Beſchaffenheit der Oberfläche oder desjenigen Theils der Erdrinde, auf den ſie wirken. Die Erſcheinung, welche die eigentlichen Vulkane von den Erdbeben unterſcheidet, iſt faſt nur das Daſein des permanenten Kraters und die Wiederholung der Ausbrüche durch denſelben oder in deſſen nächſtem Umkreiſe" [29]).

Wir haben nun noch den Zuſammenhang der Hebungen und

Senkungen des Landes, welche allmählich eintreten, mit den vulkaniſchen darzuthun. Daß auch ſie von derſelben letzten Urſache herrühren, dafür ſpricht der Umſtand, daß ein und dieſelbe Stelle bald eine plötzliche, bald eine langſame Hebung und Senkung erkennen läßt, wie wir dies bei Santorin ſahen, wo ſowohl plötzliche ruckweiſe Hebungen bei Erdbeben, als langſame allmähliche anhaltende Statt finden. Wir beſchränken uns vor der Hand auf dieſe Andeutung und werden bei der Beſprechung der allen dieſen Erſcheinungen gemeinſchaftlichen letzten Urſache nochmals auf die verſchiedene Art der Aeußerung derſelben zurückkommen. Daß wir dieſe Urſache nicht auf der Oberfläche der Erde zu ſuchen haben, das geben uns die von unten, aus der Tiefe nach aufwärts drängenden Gewalten auf das deutlichſte zu erkennen. Wir wollen, ehe wir ihren Sitz und ihre Entſtehung aufſuchen, noch einen Blick auf die Oberfläche der Erde und namentlich auf das Verhältniß des Waſſers und des Landes werfen, was, wie wir ſehen werden, uns Reſultate giebt, die von großem Einfluß auf die Beantwortung und Erklärung jener Erſcheinungen ſind.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum sechsten Kapitel.

[1]) zu S. 97. A. v. Humboldt hat über diese Erscheinung ausführliche Erkundigungen eingezogen. Er sagt darüber in seinem Kosmos I. p. 216: „Diese berühmte und reiche Bergstadt liegt fern von allen thätigen Vulkanen. Das Getöse dauerte seit Mitternacht den 9. Januar 1784 über einen Monat. Ich habe eine umständliche Beschreibung davon geben können, nach der Aussage vieler Zeugen und nach den Documenten der Municipalität, welche ich benützen konnte. Es war vom 13—16. Januar, als lägen unter den Füßen der Einwohner schwere Gewitterwolken, in denen langsam rollender Donner mit kurzen Donnerschlägen abwechselte. Das Getöse verzog sich, wie es gekommen war, mit abnehmender Stärke. Es fand sich auf einen kleinen Raum beschränkt; wenige Meilen davon, in einer basaltreichen Landstrecke, vernahm man es gar nicht. Fast alle Einwohner verließen vor Schrecken die Stadt, in der große Massen Silberbarren angehäuft waren; die muthigeren, an den unterirdischen Donner gewöhnt, kehrten zurück und kämpften mit der Räuberbande, die sich der Schätze bemächtigt hatte. Weder an der Oberfläche der Erde, noch in den 1500 Fuß tiefen Gruben war irgend ein leises Erdbeben bemerkbar. In dem ganzen mexikanischen Hochlande ist nie vorher ein ähnliches Getöse vernommen worden, auch hat in der folgenden Zeit die furchtbare Erscheinung sich nicht wiederholt. So öffnen und schließen sich Klüfte im Inneren der Erde; die Schallwellen gelangen zu uns oder werden in ihrer Fortpflanzung gehindert." — Eine ähnliche Erscheinung wurde auf der dalmatischen Insel Meleda wahrgenommen, wo ähnliche donnerartige Getöse vom März 1822 an ein Paar Jahre fortdauerten. In einer Nacht (vom 2—3. September 1823) zählte man über 100 solcher einzelner, wie ferne Kanonenschüsse klingende Donnerschläge. Auch hier wurde nur zuweilen eine Erderschütterung dabei wahrgenommen. Partsch hat dieses Phänomen ausführlich beschrieben. (Partsch, Bericht über das Detonationsphänomen auf der Insel Meleda.)

[2]) zu S. 97. Heiße Dämpfe bemerkte man bei dem Erdbeben im Mississippithale bei Neumadrid 1812, heißes Wasser bei Katania 1818, Mofetten (irrespirable Gasarten), Schlamm, schwarzen Rauch und selbst Flammen bei Messina 1783, bei Cumana 1797. Während des großen Lissaboner Erdbebens (1. Nov. 1755) sah man nahe bei der Hauptstadt Flammen und eine Rauchsäule aus einer neugebildeten Spalte des Felsen von Alvidras aufsteigen. Der Rauch war jedesmal um so dicker, als das unterirdische Getöse an Stärke zunahm. (Kosmos I. 220.) Aehnliche Beispiele ließen sich noch viele anführen.

[3]) zu S. 97. Ueber die „angeblichen Vorzeichen und meteorologischen Symptome der Erdbeben" hat Naumann (a. a. O. p. 208—215) eine sehr gründliche Zusammenstellung, die eben den Beweis liefert, daß jene Angaben alle nicht sicher sind. Auch A. v. Humboldt hält alle derartigen Voraussetzungen für trügerisch, eher ist es nach ihm wahrscheinlich, daß in Folge von Erdbeben „der Atmosphäre etwas mitgetheilt werde" und Veränderungen in ihrem Zustande als die Wirkung, nicht als Ursache heftiger Erderschütterungen angesehen werden können. (Kosmos I. p. 214.)

[4]) zu S. 100. Ein Erdbeben, das 1843 die Insel Guadeloupe betraf, hatte nach Rogers eine Schnelligkeit von 2180 P. Fuß in der Secunde, mehr als doppelt so schnell wie der Schall in der Luft. Für das oben erwähnte nordamerikanische giebt Rogers die Schnelligkeit auf der Westseite jener Linie zu 1816, auf der Ostseite zu 2724 P. Fuß an. (Naumann, a. a. O. p. 224.) Außer den Zeitbestimmungen, wann diese Erdbeben an den verschiedenen Orten verspürt wurden, die natürlich nicht immer genau und zuverlässig sind, mag die Verschiedenheit der Schnelligkeit von der Heftigkeit der Erschütterung, dann aber auch von der Beschaffenheit der Gesteine, welche die Erdrinde zusammensetzen, herrühren. Wir werden später noch einmal auf den Einfluß zurückkommen, welchen die Verschiedenheit des Materials, die sich an einer bestimmten Stelle der Erde zeigt, auf die Wirkungen eines Erdbebens und dessen Verbreitung ausübt.

5) zu S. 101. Das Erdbeben von Jamaica 1692 war in 3 Minuten vorüber; dasjenige, welches die Insel Guadeloupe 1843 heimsuchte, dauerte 1½ Minute, und dasjenige, welches 1839 Martinique und die ganze Inselkette der kleinen Antillen heimsuchte, nur 30 Secunden und bestand nur aus zwei Stößen. (Naumann, a. a. O. p. 216.)

6) zu S. 102. Eine große Menge von solchen oft wiederkehrenden Erschütterungen ließe sich anführen, von denen wir nur noch einige hier auswählen. Die Stadt Caracas wurde vom 21. October 1766 bis zu Ende des Jahres 1767 fast unaufhörlich erschüttert. — Das furchtbare Erdbeben, welches am 21. Oct. 1766 Cumana zerstörte, hat nach A. v. Humboldt fast 14 Monate lang fortgewährt; anfangs wiederholten sich die Stöße beinahe stündlich und die Bewohner wagten es nicht eher, zu dem Wiederaufbau ihrer Häuser zu schreiten, als bis später die Erschütterungen nur noch von Monat zu Monat verspürt wurden. — Nachdem Messina zu Anfang des großen calabrischen Erdbebens von 1783 zerstört worden war, wiederholten sich die Erschütterungen anfangs fast täglich, dann aber in größeren Pausen noch mehrere Jahre lang, so daß Spallanzani bei seiner Anwesenheit im Jahre 1788 nicht selten einzelne Stöße empfand und noch am 10. Mai 1792 in 24 Stunden 30 Erdstöße gezählt wurden. In Calabrien selbst fanden zu Monte-Leone im Jahre 1783 nicht weniger als 949 Stöße Statt, von denen 98 sehr heftig waren; eine gänzliche Beruhigung des Erdbodens trat erst nach vier Jahren ein. (Naumann, a. a. O. p. 218.)

7) zu S. 102. Für wenige Gegenden haben wir ein genaues Verzeichniß der Zahl der Erdbeben, die sich in denselben fühlbar gemacht; für ältere Zeiten haben wir dieselben nur von einem Theil des alten Continentes. Nach Perrey in Dijon, der mit großer Genauigkeit für diesen die Notizen gesammelt hat, waren im Rhonethal vom 16—19. Jahrhundert 182, im Rhein- und Maasbassin vom 9. Jahrhundert bis 1844 529, im Donaubassin vom 5. Jahrhundert bis 1844 270, vom 4—19. Jahrhundert in Italien und Savoyen 1020, vom 4. Jahrhundert bis 1843 in Frankreich, Belgien und Holland 656, im Ganzen also 2657 Erdbeben. Nach demselben waren in Europa und den bekannten Theilen von Asien und Afrika von 1801 bis 1843 914 Erdbeben. Castelnau hat für die Stadt Arequipa und einige andere Städte jener Gegend in Peru ein Verzeichniß der betreffenden Erdbeben vom 11. November 1810 bis Ende 1844 zusammengestellt; es sind deren nicht weniger als 921! (Castelnau, expédition dans les parties centrales de l'Amérique du Sud, Tom. V. p. 303 etc.)

8) zu S. 103. Nach A. v. Humboldt wurden 1797 bei dem Erdbeben von Riobamba 30—40,000 Menschen getödtet, 150,000 bei den unter Tiber und Justin in den Jahren 19 und 526 Syrien und Kleinasien heimsuchenden Erdbeben.

9) zu S. 104. Auch in den Pyrenäen hat man beobachtet, daß die Erdbeben dem Laufe des Gebirges folgen und selten quer über dieselben hinüberdringen; meistens sind sie auf der Südseite derselben, seltener auf der Nordseite. Die Erdbeben in England haben nach Gray wiederholt einen mit der allgemeinen Richtung der dortigen Gebirgsketten übereinstimmenden Verlauf und einen ähnlichen Einfluß üben die Alpen, die Apenninen und die skandinavischen Gebirge aus (Naumann, a. a. O. p. 230), doch trifft man auch Ausnahmen von diesem Gesetze und manche von den bedeutenderen Erdbeben haben sich, unbekümmert um den Verlauf der Gebirgsketten, nach allen Seiten hin fortgepflanzt, wie dies in Asien beobachtet wurde, wo sich einzelne Erdbeben von dem Fuße des Himalaya an durch den Hindukusch hinüber erstreckten. (A. v. Humboldt, Kosmos I. p. 220.)

10) zu S. 105. Das westliche Ende von Lissabon steht auf festem Hippuritenkalkstein, der ganze übrige Theil der Stadt auf tertiären Schichten, welche nach unten aus weichen, blauen Thonmergeln, nach oben aus festeren Schichten bestehen. Die auf dem Hippuritenkalk und auf Basalt erbauten Häuser blieben stehen; die auf den festen Tertiärschichten stehenden Gebäude wurden mehr oder weniger beschädigt, aber alle auf den weichen Mergeln gelegenen

Gebäude wurden umgestürzt und in Trümmerhaufen verwandelt. Die Grenze zwischen dem gänzlich zerstörten und dem nur erschütterten Theile der Stadt folgte genau der Linie, längs welcher die tertiären Schichten dem Hippuritenkalke aufliegen. — Bei dem calabrischen Erdbeben von 1783 betrafen die Zerstörungen, nach Spallanzani, in Messina hauptsächlich den Theil der Stadt, welcher nahe dem Meer auf angeschwemmtem Boden stand, während der auf granitischem Gestein erbaute viel weniger beschädigt wurde. (Naumann, a. a. O. p. 233.)

11) zu S. 106. Auch in Beziehung auf die Schnelligkeit der Fortpflanzung muß die Beschaffenheit des Bodens von Einfluß sein. Unter den bekannten Erdbeben giebt das nordamerikanische große transversale einen Anhaltspunkt dafür. Die Achse desselben von Cincinnati über Nashville nach Alabama läuft an dem Fuße des Westabhanges der Alleghanies, westlich trafen die Erschütterungen der Oberfläche die Niederungen mit den Alluvialbildungen des Mississippithales, auf der östlichen Seite das Gebirge selbst; die Fortpflanzungsgeschwindigkeit auf der westlichen Seite verhielt sich zu der der östlichen wie 2 : 3 (1816 : 2724 Fuß in der Secunde).

12) zu S. 107. Bei dem nordamerikanischen Erdbeben 1812 stieg der Erdboden in großen, langgestreckten Wogen auf, welche auf ihrem Gipfel zerbarsten und aus den so gebildeten Schlünden Wasser, Sand und Kohlenbrocken zu bedeutender Höhe hinaufschleuderten. Nach sieben Jahren sah Flint noch Hunderte von diesen Spalten geöffnet. Da sie sich alle in der Richtung von Südwest nach Nordost bildeten, so suchten sich die Bewohner der Gegend dadurch vor dem Hinabstürzen zu sichern, daß sie die größten Bäume fällten, deren Stämme rechtwinklig auf jene Richtung legten, und dann Platz auf ihnen nahmen. — Bei dem Erdbeben von Lissabon bildete sich bei Angoulême in Südfrankreich eine 3 Meilen lange Spalte. (Naumann.) — Sehr viele vorübergehende und bleibende Spalten bildeten sich bei dem Erdbeben von Calabrien 1783. In der Nachbarschaft von Oppido wurden manche Häuser von der gähnenden Erde verschlungen, die sich alsdann wieder über ihnen schloß. Auch in dem benachbarten Bezirke von Cannamaria wurden vier Pachthöfe, einige Oelmagazine und mehrere große Wohnhäuser so ganz und gar von einem Schlunde verschlungen, daß später keine Spur von ihnen mehr sichtbar war. Dieselbe Erscheinung zeigte sich zu Terra nuova, Santa Christina und Sinopoli. Die Academiker von Neapel, welche im Auftrage der Regierung jene Gegend unmittelbar nach dem Erdbeben bereisten, bestätigen es ganz besonders, daß, wenn in den thonigen Schichten von Terra nuova tiefe Abgründe eröffnet und Häuser in dieselben versunken waren, die Wände der Schlünde sich mit solcher Heftigkeit schlossen, daß, wenn nach der Katastrophe zur Aufsuchung werthvoller Gegenstände Nachgrabungen angestellt wurden, man den Inhalt und die Theile der Häuser selbst so zusammengequetscht fand, daß sie eine einzige feste Masse bildeten. Nach Grimaldi wurden manche bei dem ersten Stoße am 5. Februar gebildete Spalten und Schlünde durch die heftigen Erschütterungen am 28. März sehr erweitert, verlängert und vertieft. In der Gegend von San Fili fand er eine neue Spalte $1/2$ Meile lang, $2\,1/2$ Fuß breit und 25 Fuß tief, eine andere von ähnlichen Dimensionen um Rosarno. Eine Spalte, fast 1 Meile lang, 105 Fuß breit und 30 Fuß tief, öffnete sich in dem Bezirke von Plaisano, wo auch zwei Schlünde entstanden — der eine an $3/4$ Meilen lang, 150 Fuß breit und ungefähr 100 Fuß tief, ein anderer $1/4$ Meile lang, 30 Fuß breit und 225 Fuß tief. Ein Zefirio genanntes Kalksteingebirge am südlichen Ende der Halbinsel wurde auf $1/2$ Meile Länge durch eine Spalte von ungleicher Breite in zwei Theile zerrissen. — Besonders interessant war eine Spaltenbildung bei Jerocarme, wo die Spalten von einem gemeinschaftlichen Centrum aus nach allen Seiten hin ausstrahlten, wie bei einer durch einen Stoß zersprengten Glastafel. (Lyell, a. a. O. p. 482 ꝛc.)

13) zu S. 107. Bei dem Erdbeben von Calabrien z. B. floß bei Seminara aus einer großen Spalte so viel Wasser, daß sich ein kleiner See, der

Lago del Tolfilo, bildete, welcher fast 1800 Fuß lang, über 900 Fuß breit und 52 Fuß tief war. — Während der Erdbeben, welche 1702 und 1703 in den Abruzzen wütheten und die Stadt Aquila fast gänzlich zerstörten, öffneten sich bei dieser Stadt mehrere Schlünde, aus welchen Wasser und Steine in solcher Menge ausgeworfen wurden, daß die umliegenden Felder nicht mehr bestellt werden konnten. Das Wasser spritzte über die Gipfel der höchsten Bäume hinaus und gleichzeitig stiegen aus den benachbarten Bergen Flammen und dicke Dämpfe auf. — Auch während des Erdbebens von Cumana 1797 brachen an den Ufern des Manzanares und im Meerbusen von Cariaco Flammen hervor, wie dies auch in Venezuela öfters vorgekommen sein soll (Naumann, a. a. O. p. 240.)

14) zu S. 107. Nach dem großen Erdbeben in England (1158) soll die Themse eine Zeit lang zu fließen aufgehört haben. — 1833 empfand man zu Linkoeping in Schweden zwei Erdstöße und in der Nacht darauf hörte der Motalafluß auf zu fließen, so daß man trockenen Fußes hindurchgehen konnte. — In einigen gebirgigten Gegenden von Jamaica hörten die Flüsse bei dem Erdbeben von 1692 erst 24 Stunden auf zu fließen und kamen dann mit ungeheuerer Gewalt, Millionen von Bäumen mit fortreißend, wieder zum Vorschein. (Naumann, a. a. O. p. 243.) — Diese Erscheinungen an Flüssen und Quellen sind durchaus nicht auf die mechanischen Erscheinungen der Oberfläche und ihres Wassers allein zurückzuführen, sondern auf eigenthümliche, einen tieferen Sitz habende und ausgedehntere Wirkungen auf die Erdrinde in ihren Ursprungsstellen und in ihrem Verlauf; die mechanische Erschütterung wurde z. B. in Töplitz bei dem Lissaboner Erdbeben nicht verspürt, wäre auch durchaus nicht im Stande, das Versiechen der Quellen zu erklären. Nur durch ein Versinken der Wasser in größere Tiefen und ein heftiges Ausstoßen derselben darauf lassen sich jene Erscheinungen erklären, ohne daß wir über den Mechanismus derselben etwas Sicheres anzugeben im Stande sind.

15) zu S. 108. Bei dem Erdbeben von Jamaica 1692 wälzte sich das Meer ebenfalls mit ungeheuerer Schnelligkeit und Höhe in die Stadt Port-Royal, so daß eine Fregatte auf das Dach eines Hauses geschleudert wurde. — Bei dem Erdbeben von Lissabon erhob sich plötzlich das Meer vor den Mündungen des Tajo, stieg rasch 40 Fuß über seinen höchsten Stand zur Zeit der Fluth und spülte eine große Menge von Menschen, die sich auf den Quai geflüchtet hatten, mit fort. 3—4 Mal wiederholte sich dieselbe Erscheinung des Anschwellens und Zurückziehens des Meeres. An der ganzen Küste von Portugal wurde diese Bewegung des Meeres wahrgenommen; bei Cadix brach ein 60 Fuß hoher Wasserberg über das Ufer herein, ungeheuere Zerstörungen anrichtend. Dieselben Schwankungen des Meeres wurden über einen großen Theil des atlantischen Oceans wahrgenommen; auf den Azorischen, Canarischen, westindischen Inseln bemerkte man dieselbe Bewegung; auf Barbados schwoll es noch 20 Fuß über seinen gewöhnlichen Stand an. — Die meisten Erdbeben der Westküste Südamerika's haben ähnliche Erscheinungen am Meere gezeigt, in der Regel wurde dort zuerst ein scheinbares Zurückweichen des Meeres bemerkt.

16) zu S. 108. Man hat angenommen, ein Theil der Wassermasse in der Nähe des Landes stürze plötzlich in große Gewölbe, deren Decken bei dem Erdbeben zerplatzt seien und dadurch erfolge zunächst ein heftiger Rückzug des Meeres vom Land und darauf ein rasches Zurückbranden gegen das Ufer. Nach Andern ist die wellenförmige Bewegung des Landes daran Schuld. Durch das Emporheben desselben komme das Land aus dem Wasser weiter heraus, das Meer weiche also scheinbar zurück, werde etwas seitwärts geschoben und breche dann von Neuem, wenn das Land wieder zurücksinke, mit Heftigkeit gegen seine Ufer wieder herein. James Hall nahm eine bedeutende vorübergehende Auftreibung des Meeresgrundes in der Nähe des Landes an. Dadurch würde eine bedeutende Wassermasse in die Höhe gedrängt und es fließe vom Lande her nach dieser Stelle Wasser, wodurch das Zurückweichen vom Ufer entstehe; sänke dann das Wasser mit dem Meeresboden wieder zurück, so stürze wieder die ganze Masse mit Gewalt dem Ufer zu. — Nach Mallet entstünde diese Erscheinung dadurch,

daß bei einer Erschütterung des Meeresgrundes eine Wellenbewegung des Grundes und eine des Wassers entstehe, die sich ungleich schnell fortpflanzten, so daß die Wellenbewegung des Wassers später an das Ufer komme, als die im Erdboden sich fortpflanzende. Es mögen alle diese Gründe richtig sein; es kommt dann eben in jedem speziellen Falle darauf an, welcher in diesem besonders wirksam war, zu ermitteln. Eine für alle Fälle gültige Erklärung giebt es wohl nicht.

17) zu S. 109. Da alle Meere mit einander zusammenhängen, so ist ein Steigen oder Fallen eines einzigen von ihnen nicht möglich, und da die Wassermasse auf der Erde stets die gleiche bleibt, indem nichts von derselben weg kann, so ist eine Erhöhung oder Erniedrigung des Niveaus des Meeres nur dann möglich, wenn sich das Verhältniß vom Festland zu dem Meere ändert. In der That würde das Meer höher zu stehen kommen, wenn z. B. plötzlich ein großer Theil unserer Gebirge in dasselbe gestürzt würde. Es würde in diesem Falle ebenso steigen, wie Wasser in einem Gefäße, in welches man Sand oder Steine wirft. In gewisser Beziehung findet allerdings der letztere Fall Statt, es werden alljährlich durch die Flüsse von dem Festlande herab Sand und Steine in das Meer geführt, das dadurch nun steigen sollte. Die Menge dieser Massen ist jedoch im Verhältniß zu der Tiefe und Ausdehnung des Meeres so gering, daß die dadurch bewirkte Erhöhung ebenso unmerklich für uns wird, als wir das Wasser eines Sees steigen sehen, wenn wir ein Paar Steine in denselben werfen.

18) zu S. 109. Namentlich an Meeren, die geringe Ebbe und Fluth zeigen und an Buchten, die dem Sturme weniger ausgesetzt sind, prägen sich diese Strandlinien oft sehr scharf aus. Wo Ebbe und Fluth bedeutende Unterschiede im Stande des Wassers bedingen, heftige Brandung und starke Winde einwirken, zeigen sich dieselben weniger charakteristisch ausgebildet. Doch hat man auch hier noch Anhaltspunkte, um die Strandlinie zu bestimmen. Eine große Zahl von Seethieren nämlich, welche sich an den Felsen ansiedeln, müssen immer unter Wasser sein, siedeln sich also nicht höher hinauf an, als bis zu dem Punkte, der selbst noch bei dem tiefsten Stande der Ebbe vom Meere bedeckt ist, weil sie sonst gleich absterben. Diese Thiere dienen uns also dazu, den niedrigsten Stand des Wassers zu bezeichnen. Durch die Fluth und die Wellen werden dagegen todte Schalthiere, abgerissene Theile von Meerpflanzen ꝛc. an das Land getragen und bei dem Zurückweichen der Wasser hier zurückgelassen. Diese Reste bezeichnen uns so den höchsten Stand des Wassers. Wer je einmal aufmerksam das Gestade der See betreten und betrachtet hat, wird gewiß diese in einem horizontalen Saume abgelagerte Sammlung von allerlei Meergebilden bemerkt haben, die durch das bunte Nebeneinander und Untereinander von Fragmenten und ganzen Leichen der verschiedensten Meerbewohner ihren mechanischen Ursprung als Anschwemmung sogleich verräth. — Diese beiden Linien des Maximums und des Minimums des Standes des Meeres sind überall bei aufmerksamer Beobachtung der Verhältnisse zu erkennen und aus der Veränderung derselben kann daher auch an sehr bewegten Meeren noch die Veränderung des Niveaus des Wassers erkannt werden.

19) zu S. 110. Diese ephemere Insel hat während der kurzen Zeit ihres Bestehens nicht weniger als sieben Namen erhalten, indem sie von den verschiedenen Besuchern verschiedener Nationen verschiedene erhielt, von denen die Namen Ferdinandea, Julia und Graham die gebräuchlichsten sind. Hoffmann hat, der Ersten einer, am 24. Juli diese Insel besucht und eine sehr interessante Beschreibung ihres Entstehens in Poggendorff's Annalen Bd. 24. p. 71 und in seinen „hinterlassenen Werken" Bd. II. p. 453—456 gegeben.

20) zu S. 110. Im Jahre 1783 erfolgte 30—40 engl. Meilen südwestlich vom Cap Reykianäs bei Island etwa einen Monat vor der furchtbaren Eruption des Skäptar-Jökul ein unterseeischer Ausbruch, durch den eine neue hohe Insel aufgeworfen wurde, auf welcher an drei verschiedenen Stellen Feuer, Rauch und Bimssteine hervorkamen. Jedoch noch vor Ablauf eines Jahres war sie wieder verschwunden und nur ein 5—30 Klafter unter der Oberfläche sich hinziehendes

Felsenriff ist noch vorhanden. (Lyell, a. a. O. II. 400.) — 1839 entstanden auf ähnliche Weise unweit der Insel Juan Fernandez, westlich von Valparaiso, drei in einer Linie von Nord nach Süd liegende Inseln, die jedoch ebenso rasch bis auf die nördlichste wieder verschwanden. (Archiac, Histoire des progrès de la Géologie I. 564.) — Das merkwürdigste Beispiel von der Bildung einer bleibenden Insel ereignete sich in der Reihe der Aleuten 1796, westlich von der Insel Unalaschka, wo in der Nähe eines isolirten Felsens Dampf und Rauch aus dem Meere aufsteigend gesehen wurde. Solche Eruptionen wiederholten sich unter Erschütterungen der benachbarten Inseln, namentlich Unalaschka's, es bildete sich eine kegelförmige Insel, die bis zum Jahre 1823 der Sitz vulkanischer Ausbrüche war. 1819 hatte dieselbe fast 4 geogr. Meilen Umfang und eine Höhe von 2100 Fuß. 1832 war ihr Umfang jedoch auf 2 geogr. Meilen und ihre Höhe auf 1400 Fuß reducirt. Die Insel erhielt den Namen Joanna Bogoslowa. Der ganze Meeresgrund nahm an jener Hebung Theil, und zwischen dieser neuen und der Insel Umnack sind zahllose Klippen und Riffe, während früher nichts von der Art bemerkt worden war. (v. Hoff, Geschichte der Veränderungen der Erdoberfläche II. 413. Berghaus, allgemeine Länder- und Völkerkunde II. 738.)

21) zu S. 112. Die Hebung betraf diese Insel nicht allein; sie ließ sich deutlich in einer Länge von 25 Meilen an der Küste und den davor gelegenen Inseln verfolgen. Die Hebung war am stärksten in der Mitte und verlor sich allmälich, so daß die alte Strandlinie über der jetzigen einen flachen Bogen beschrieb. In der Mitte und am höchsten Theil des Bogens liegt die Insel Tscheduba, südlich von derselben folgen Requain und Foul Island, nördlich von ihr liegen die Terribles. Der am stärksten gehobene Theil von Tscheduba war um 22 Fuß gehoben, die Terribles 13 Fuß, Foul Island 9 Fuß. (Berghaus, Erläuterungen zu seinem physikalischen Atlas p. 111.)

22) zu S. 113. Man hat später diesen Mittheilungen oder vielmehr dem Schlusse daraus, daß die Küste von Chili sich gehoben habe, widersprochen. Die von den nordamerikanischen Freistaaten unter Capitain Wilkes 1838 unternommene wissenschaftliche Expedition hat auch diese Küste besucht. Der Bericht spricht sich dahin aus, „es läge kein Beweis für eine Hebung vor." Bei so direct einander widersprechenden Angaben ist die Streitfrage durchaus nicht entschieden. Beobachtungen, wie die hier in Frage stehenden, bei welchen von einer Täuschung nicht die Rede sein kann — denn die über das Wasser emporragenden, vorher unter demselben verborgenen Felsen mit den verwesenden Muscheln erfordern keine besonders geschärfte oder kritische Beobachtungsgabe — werden dadurch nicht umgestoßen, daß ein Anderer, der mehrere Jahre später kommt, die Gegend vor jener Katastrophe nicht gesehen hat, dieselben nicht auch noch machen kann. Wir sprechen hier durchaus nicht von den Schlüssen, die man aus den beobachteten Erscheinungen zieht, auf die wir später wieder zurückkommen werden, sondern nur von diesen selbst, und nehmen die beobachteten Erscheinungen so lange als richtig beobachtet an, als nicht den Männern, welche sie gemacht haben, eine Unwahrhaftigkeit nachgewiesen wird, indem bei so einfachen Erscheinungen von einer Täuschung nicht die Rede sein kann.

23) zu S. 113. Die Hebung macht sich auch jetzt noch fortwährend bemerklich. Die Meerestiefe zwischen Mikrakammeni und Santorin nimmt fortwährend ab. Im Jahre 1811 betrug dieselbe noch 90 Fuß, 1830 nur noch 18—24 Fuß, 1835 nur noch 12 Fuß. (Virlet, Bulletin de la société géologique T. III. p. 104. Tom. VII. p. 261.)

24) zu S. 114. Längs der ganzen Küste in der Bucht von Bajá hat man ähnliche Beobachtungen, wie die erwähnten am Serapistempel, gemacht, die ein wiederholtes Senken und Heben der Küste beweisen. Noch jetzt finden sich römische Straßen, ein Neptunstempel und ein Tempel der Nymphen unter Wasser; dagegen wieder Seeeicheln (Balanen) 30 Fuß über dem jetzigen Wasserstande. Lyell hat dieselben in seinen „Grundsätzen der Geologie" II. 530—548 ausführlich zusammengestellt.

25) zu S. 115. Diese Beispiele ließen sich noch außerordentlich vermehren. Wir wollen nur noch einige hier angeben, welche durch Erdbeben veranlaßt sind. Bei dem Lissaboner Erdbeben versank in Marocco ein großes Dorf mit allen Einwohnern. — Durch das Erdbeben auf Jamaica 1692 wurde bei Port-Royal ein Landstrich von 1000 Acres in das Meer versenkt, die großen, am Hafen stehenden Magazine sanken bis 24 und 48 Fuß tief unter den Meeresspiegel, blieben aber dabei doch großentheils aufrecht stehen; im Jahre 1793 konnte man die Ruinen bei hellem Wetter noch unter dem Wasser sehen, und Jeffery will sie noch 1835 gesehen haben. (Naumann, a. a. O. I. p. 256.) — Während der Erdbeben im Mississippithale 1811—12 fanden zahlreiche und sehr ausgedehnte Senkungen Statt, so daß bisweilen Seen von 4 geogr. Meilen Durchmesser in Zeit von wenigen Stunden gebildet wurden. Der Grund und Boden der Stadt Neu-Madrid und das Ufer des Stromes, 15 Meilen weit aufwärts, sanken 8 Fuß unter ihr ursprüngliches Niveau. (Lyell, a. a. O. II. p. 469.)

26) zu S. 120. Die Literatur über die „Hebungserscheinungen" ist, bei der großen Wichtigkeit derselben, und durch die vielfachen Widersprüche, die sich gegen die „Hebungstheorie" erhoben haben, außerordentlich reich an einzelnen Arbeiten und Erwähnung von Beispielen für dieselbe. Eine große Menge derselben ist in Naumann, a. a. O. p. 247—281 angeführt, auf die wir den Leser verweisen. Die ausschließlich die Hebungserscheinungen Schweden's nach eigenen Untersuchungen besprechende Arbeit Lyell's findet sich in den Londoner Philos. Transact. 1835. P. I. 1—38 und daraus in Poggendorff's Annalen Bd. 38, (1836) p. 64 ꝛc. Die Resultate einer 1839 wiederholten Untersuchung der eingehauenen Zeichen finden sich in Poggendorff's Ann. Bd. 54. p. 444. — Ueber denselben Gegenstand, d. h. über Hebungen an den im Texte erwähnten Orten, vergl. Poggendorff's Annal. Bd. 53. — 64. p. 597 und 613. — 69. p. 505. — Frorieb's Tagesberichte ꝛc. 1851, 361. — Die dagegen gemachten Einwendungen, hauptsächlich von A. Wagner und K. v. Raumer, werden wir später besprechen.

27) zu S. 124. A. Wagner in seiner „Geschichte der Urwelt", Leipzig 1845, ist als ein entschiedener Gegner der Hebungstheorie aufgetreten und hat dieselbe ebenfalls als eine „desperate Hypothese" bezeichnet. In den Münchner „Gelehrten Anzeigen" 1850, No. 106—113, hat er sich dahin ausgesprochen, daß die Interpretation der Erscheinungen, die wir oben kennen gelernt haben, hypothetisch sei. „Mir," fährt er fort, „hat die Annahme von einer fortwährenden Emporhebung eines starren Landes etwas so Anstößiges, daß mir die entgegengesetzte, welche die Erklärung der fraglichen Erscheinungen in dem beweglichen Elemente, in dem Wasser sucht, durchaus als naturgemäßer und einfacher vorkommt." Sonst geht er ziemlich leicht über diese Frage weg; er erwähnt nur noch, daß die Erhebung Chili's von 1832 von Wilkes nicht nachgewiesen werden konnte, wie wir dieß schon erwähnten und besprachen. — Daß man die Erklärung dieser Erscheinungen lieber im beweglichen Wasser sucht, in dem sie ja auch dem Scheine nach liegen, ist sehr natürlich und auch von Anfang an geschehen. Wenn man aber bei diesem Suchen keine den Erscheinungen entsprechende Erklärung findet, wie wir gesehen haben, nur die größten Widersprüche und unüberwindliche neue Schwierigkeiten sich bereitet, so wird man es eher desperat nennen müssen, sich trotzdem bei jener Voraussetzung zu begnügen, als mit einer anderen Theorie alle Erscheinungen auf das Ungezwungenste zu erklären. Wo es sich nicht um reine Beobachtungen handelt, muß man es allerdings dem Geschmacke des Einzelnen überlassen, welcher Theorie zur Erklärung derselben er sich zuwenden will, ob einer Theorie und Hypothese, die nichts befriedigend erklärt, wie die vom Sinken des Meeresspiegels in allen Meeren, oder der Theorie, daß das Land gehoben werde, mit der man alle diese Erscheinungen in Einklang bringen kann. — Ich muß gestehen, daß es mir viel mehr Anstößiges hat, anzunehmen, daß das „bewegliche" Element Jahrzehnt lang, wie bei Hammerfest, eine schiefe Ebene bilde und drei gegeneinandergeneigte Strandlinien verursacht, daß es gleichzeitig an zwei Punkten, wie bei Kalmar und Uddevalla, falle und zwischen diesen beiden an der Südspitze Sch-

nen's steige, als die Annahme, daß das überall zerspaltene Land, wie Eisschollen auf einem Strome, ungleich in die Höhe getrieben werde. Daß im Innern der Erde Kräfte vorhanden sind, welche plötzlich auf einmal den dreizehnten Theil der Erdoberfläche in Bewegung setzen, das hat uns das Lissaboner Erdbeben allein gezeigt, dieselbe Kraft wird wohl allmälig einzelne Länder aufwärts bewegen können; von einer Kraft aber, die das Wasser, das überall auf der Erde sich zu einer horizontalen Fläche auszubreiten bestrebt, wie einen Bergabhang geneigt erhält, finden wir keine Spur auf der Erde. Die Ungleichheiten, welche sich wirklich ausnahmsweise an der Ostsee und am rothen Meere finden, sind solche, welche sich durch bekannte Einwirkungen sehr leicht erklären lassen und ebensowenig Befremdliches haben, als daß der Wasserspiegel eines Flusses näher an der Quelle höher steht, als an der Mündung. Wir kommen im nächsten Kapitel darauf zurück, und überlassen dem Leser, welcher „Interpretation der Erscheinungen" er folgen will, sind aber durchaus nicht zweifelhaft, welcher von beiden der vorurtheilsfreie folgen wird.

[28]) zu S. 126. Nach dem Erdbeben von Riobamba (Februar 1797) in Quito wurden die Antillen fast acht Monate lang durch Erdbeben beunruhigt, bis ihnen der am 27. September erfolgte Ausbruch des lange erloschen gewesenen Vulkans von Guadeloupe ein Ziel setzte; als aber dieser Vulkan wieder zur Ruhe gekommen war, so begannen die Erdbeben in Venezuela, welche am 14. December Cumana zerstörten. — Am 11. December 1811 begannen die Bewegungen in den Gegenden des Mississippithales, die sich mit abwechselnder Stärke ein ganzes Jahr hindurch fortsetzten und namentlich am 7. und 8. Februar 1812 eine solche Heftigkeit erlangten, daß der Boden in ununterbrochenen Schwankungen war; am 26. März erfolgte das fürchterliche Erdbeben von Caracas; endlich gerieth am 27. April der fast seit hundert Jahren ruhig gewesene Vulkan der Insel St. Vincent in Eruption, welches Ereigniß gewissermaßen die Krisis bei dieser ganzen Aufregung gebildet zu haben scheint, indem von da an die Erdbeben sich verloren. (Naumann, a. a. O. p. 283. Noch mehr Beispiele der Art hat Fr. Hoffmann, a. a. O. p. 434—440.)

[29]) zu S. 126. v. Hoff, „natürliche Geschichte der Veränderungen der Erdoberfläche" II. p. 73 ꝛc. Dieses ausgezeichnete Werk hat mit großer Ausführlichkeit alle Beispiele gesammelt, die eine, durch natürliche Kräfte hervorgebrachte Veränderung der Gestalt der Erdoberfläche, sei es durch historische, sei es durch natürliche Beweismittel, z. B. Strandlinien u. dgl., darthun. Auch er ist einer Derjenigen, welcher die Hebung Schweden's anfangs bekämpfte, und sich später ebenfalls zu dieser Theorie hinneigte.

# Siebentes Kapitel.

Betrachtung der Oberflächenverhältniſſe der Erde. Die Atmoſphäre. Das feſte Land. Das Meer. Temperaturverhältniſſe des letzteren.

Die bisherigen Unterſuchungen haben ſich mit dem Ganzen des Erdkörpers beſchäftigt und die allgemeinſten Eigenſchaften desſelben, ſeine Größe, Geſtalt und Schwere, uns kennen gelehrt, ohne daß wir näher auf die Abweichungen einzelner Theile in dieſen Beziehungen eingegangen wären. Wir haben die Erde dargeſtellt, wie ſie ſich aus der Ferne, etwa einem Bewohner des Mondes, zeigen würde, der mit einziger Ausnahme der Temperaturverhältniſſe der Tiefe und der davon abhängigen vulkaniſchen Erſcheinungen alle dieſe Eigenſchaften der Erde eben ſo genau, als wir ſelbſt erkennen würde, wie auch wir dieſelben von dem Monde und den übrigen Körpern unſeres Planetenſyſtems kennen. Wir wenden uns nun zu einer näheren Betrachtung derſelben, zunächſt zu einer genaueren Betrachtung der Oberfläche. Dreierlei fällt uns hier zunächſt in's Auge. Wir bemerken 1) eine luftige Hülle, 2) eine bedeutende, den größten Theil des Erdkörpers bedeckende Flüſſigkeit und über dieſe hervorragend 3) die Feſte des Landes, mannigfache, wenn auch unbedeutende Abweichungen von der allgemeinen Kugelgeſtalt, die der Erde im Großen zukommt, darbietend.

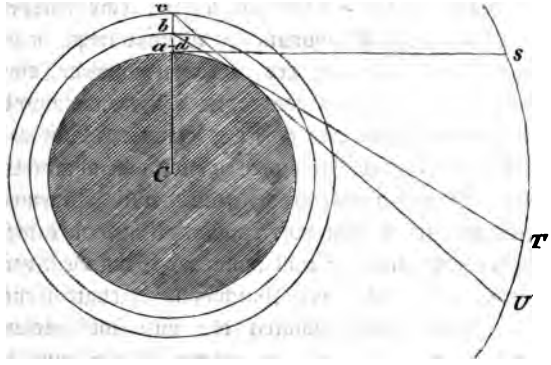
Wir betrachten dieſe dreierlei Theile der Erdoberfläche, wie ſie ſich eben gegenwärtig darſtellen, ganz unabhängig von dem großen Wechſel und den bedeutenden Veränderungen, die im Laufe der Zeiten in dem Verhältniß derſelben zu einander eingetreten ſind und der ſteten, wenn auch äußerſt langſam verändernd auf alle einwirkenden Wechſelwirkung, in der ſie zu einander ſtehen, deren Folgen eben zu der Geſchichte der Erde gehören, und daher ſpäter erörtert werden ſollen.

Die Atmosphäre umgiebt die Erde von allen Seiten. Wir
hen sie nicht, weil sie farblos und durchsichtig, für unser Auge
lso unwahrnehmbar ist, doch nehmen wir sie durch das Gefühl
ahr, durch den Widerstand, den sie leistet, z. B. wenn wir ein
latt Papier rasch bewegen, durch den Druck, den sie ausübt,
wohl wenn sie bewegt wird, als Wind, als auch im ruhenden
ustande. Ein Instrument ist es hauptsächlich, welches uns über
en Luftdruck Aufschluß verschafft und uns zugleich die Menge der
uft zu berechnen gestattet, das Barometer, indem es uns zeigt,
ie schwer die ganze Luftsäule ist, die sich über einem bestimmten
unkte der Erdoberfläche befindet[1]). Jahre lange Beobachtungen
aben nun ergeben, daß dieselbe an der Oberfläche des Meeres
schwer ist, wie eine Queckſilbersäule von circa 28 P. Zoll, d. h.
aß das Gewicht, der Druck auf die Oberfläche des Meeres von
r Luft gerade so stark ist, als wenn wir statt der Luft eine
3. Zoll tiefe Queckſilberschichte uns auf derselben ausgebreitet
ichten. So genau wir nun auch das Gewicht der Atmosphäre
f diese Weise zu finden im Stande sind, so schwierig ist es, die
öhe und die Grenze derselben zu bestimmen. Steigen wir
imlich von der Meeresfläche aus in die Höhe, so sehen wir an
m Barometer, daß der Druck der Luft immer geringer wird.
ie Beobachtung auf Bergen hat nun gezeigt, daß diese Ver-
inderung in einer geometrischen Progression Statt finde, so daß
ir auf diese Weise die Grenze der Luft gar nicht berechnen, sie
s unbegrenzt annehmen müßten, wenn nämlich dieses in den
teren, uns allein erreichbaren Gegenden der Atmosphäre ge-
ndene — und durch Experimente noch weiterhin bestätigte —
esetz, auch für die höchsten Höhen gültig wäre[2]). Man hat
imlich gefunden, daß, wenn wir den Druck der Luft an der
eeresfläche gleich dem einer Queckſilbersäule von 28 Zoll Höhe
nehmen, in einer Höhe von 18000 Fuß derselbe nur noch die
älfte davon, nämlich 14 Zoll, beträgt, nach 36000 Fuß ¼,
imlich 7 Zoll, nach 54000 Fuß nur noch ⅛ oder ⅞ Zoll, nach
ermals 18000 Fuß mehr, also in einer Höhe von 72000 Fuß,
r noch ¾ Zoll. Man sieht, daß in dieser Weise sie fortgesetzt
dacht die Rechnung nie auf Null führt, sondern eben auf einen
mer kleiner werdenden Bruch, von denen der folgende an einer
3000 Fuß höheren Stelle immer die Hälfte des vorhergehenden

ist. Diese Berechnung würde uns daher die Atmosphäre als unbegrenzt erscheinen lassen, was sie jedoch in der That nicht ist. Die Voraussetzung, daß die Luft eine unendliche Ausdehnungskraft besitze, welche jener Berechnung zu Grunde liegt, ist unrichtig, wenn wir auch bis jetzt auf experimentellem Wege die Grenze ihrer Ausdehnbarkeit nicht angeben können. Die Atmosphäre hat wirklich eine Grenze. Auf anderem Wege hat man die Höhe und die Grenze der Atmosphäre zu finden gesucht, wenn schon die Angaben darüber etwas verschieden ausgefallen sind. Allgemein, ohne gerade Zahlen anzugeben, läßt sich bestimmter sagen, wo die Grenze der Atmosphäre sein muß. Sie ist nämlich da, wo die Anziehungskraft der Erde, die durch ihren Umschwung erzeugte Centrifugalkraft und die Ausdehnungsfähigkeit der Luft im Gleichgewichte stehen[3]). Wir wissen, daß und in welchem Verhältnisse die Centrifugalkraft mit der größeren Entfernung vom Mittelpunkte der Umdrehungsachse immer größer wird (s. p. 34), während die Anziehungskraft der Erde mit der Entfernung von ihrem Centrum immer kleiner wird. Wo sich diese das Gleichgewicht halten, können wir nun sehr genau berechnen, weniger sicher aber das Verhältniß der Ausdehnungsfähigkeit und der davon abhängigen Dichtigkeit der Luft in den bedeutenderen Höhen. Es kann daher auch nur als sehr wahrscheinlich die Höhe der Atmosphäre zu circa 27 geogr. Meilen angegeben werden. Bis zu einer Höhe von 1,64 Meilen ist die Hälfte und in einer von 3,3 schon $^3/_4$ der ganzen Luftmasse enthalten, woraus sich leicht entnehmen läßt, wie außerordentlich dünn die Luft in den Gegenden nahe der Grenze derselben sein müsse, wie sich dieses auch bei einer andern Art der Berechnung der Höhe der Atmosphäre auf das deutlichste zeigt, die wir kurz betrachten wollen.

Jedermann weiß, daß unmittelbar nach Sonnenuntergang nicht alsobald vollkommene Nacht eintritt, sondern noch eine Zeit lang eine gewisse Helle bleibt, die sogenannte Dämmerung, die bei klarem, heiterem Himmel sich besonders bemerklich macht. Diese immer schwächer werdende Helligkeit rührt davon her, daß die Lufttheilchen die Fähigkeit haben, Sonnenlicht nach der Erde zu spiegeln. Aus der Dauer der Dämmerung, aus der Zeit, welche nach Sonnenuntergang verflossen ist, kann man nun finden, wie hoch die Luftschichte ist, welche das Licht auf die Erde reflec-

tirt. Die Dämmerung hört auf, wenn gar kein Licht mehr von der Luft auf die Erde reflectirt wird. Es ſei a ein Punkt der




Erdoberfläche; für dieſen geht die Sonne unter, ſo wie ſie in der Richtung a s ſteht; hätte die Atmoſphäre die Höhe a b, ſo würde die Luftſchichte b von dem letzten Lichtſtrahle getroffen werden aus der Richtung b T, wäre ſie aber über a ſo hoch als a c, ſo würde noch Licht aus U in c ſie treffen. Daraus iſt erſichtlich, wie die Dauer der Dämmerung von der Höhe der Atmoſphäre und ihrer Fähigkeit Licht zu reflectiren abhängt. Man hat nun gefunden, daß die Dämmernng aufhört, daß kein Licht mehr reflectirt wird, wenn die Sonne 18° unter den Horizont geſunken iſt, woraus man gefunden hat, daß bis zu einer Höhe von nicht ganz 10 geogr. Meilen die Luft noch ſo dicht iſt, daß ſie Licht reflectiren kann. Die jenſeits dieſer Luftſchicht gelegenen Lufttheilchen ſind alſo jedenfalls ſo dünn, daß ſie für uns keiner wahrnehmbaren Erleuchtung und Lichtreflexion fähig ſind*). In früheren Zeiten hielt man die Luft für ein Element, für eine einfache, nicht zuſammengeſetzte Maſſe. Die neuere Chemie hat gezeigt, daß dieſelbe aus mehreren Luftarten, aus verſchiedenen Gaſen zuſammengeſetzt ſei, von denen zwei den bei weitem größten Theil ausmachen, die übrigen in viel geringerer Menge und weniger conſtantem Verhältniſſe vorhanden ſind. Es enthält nämlich die trockene Luft überall dem Raume

*) Im Verhältniſſe zu dem Halbmeſſer C a der Erde auf unſerer Figur, würde a d das richtige Verhältniß der Atmoſphäre (zu 27 Meilen die Höhe derſelben angenommen) geben. 10 Meilen ließen ſich in dieſem Maaßſtabe der Figur kaum angeben.

(Volumen) nach 20,8 Sauerstoff und 79,2 Stickstoff, dazu gesellt sich noch $^{2}/_{10000}$ bis $^{5}/_{10000}$ Kohlensäure, und Spuren von kohlensaurem Ammoniak, Gase und Verbindungen, deren Eigenschaften wir, so weit es nöthig ist, später betrachten werden. Außerdem hat man noch geringe Spuren andrer Luftarten und Dämpfe von untergeordneter Bedeutung aufgefunden. Nirgends ist die Luft jedoch vollkommen trocken, überall findet man noch Wasser in gasförmigem Zustande in der Atmosphäre, als sogenannter Wasserdampf, dessen Menge an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten außerordentlich verschieden, im Verhältniß zu Stickstoff und Sauerstoff aber ebenfalls ein unbedeutender Bruchtheil der ganzen Atmosphäre ist[4]).

Von ungleich größerer Wichtigkeit, als die Verhältnisse der Atmosphäre, sind für uns die des Meeres und des Landes, namentlich in Beziehung auf ihr gegenseitiges Verhältniß sowohl der Oberflächenausbreitung als auch der Masse nach. Betrachten wir einen Erdglobus, so bemerken wir sogleich, daß der bei weitem größte Theil seiner Oberfläche von Wasser bedeckt ist. Nach Rigaud (1837) verhält sich die Landfläche zur Meeresfläche wie 100 : 270. Durch die Entdeckungen größerer Landmassen gegen den Südpol zu mag das Verhältniß vielleicht richtiger wie 1 : $2^{2}/_{3}$ angenommen werden (Naumann) und davon findet sich wieder dreimal soviel Land auf der nördlichen als auf der südlichen Halbkugel. — Noch ungünstiger gestalten sich jedoch die Verhältnisse in Beziehung auf die Vertheilung des Festen und Flüssigen auf der Erde, wenn wir die Menge des über das Wasser hervorragenden Landes mit der des Wassers selbst vergleichen.

Als Ausgangspunkt für alle Höhenbestimmungen auf der Erde, als allgemeinste Basis hat man überall die Meeresfläche angenommen. Da die Continente auch nur größere Inseln sind, die sie umgebenden Oceane überall zusammenhängen, so bilden dieselben einen Theil eines Sphäroides, wie die Erde es bilden würde, wenn sie ganz von Wasser bedeckt wäre; die Oberfläche sämmtlicher Oceane steht in gleichem Niveau. Da aber Ebbe und Fluth, Winde und Wellen beständig kleine Unebenheiten und Schwankungen derselben hervorrufen, so hat man, um jene Basis für Höhenmessungen festzusetzen, aus Jahre langen Beobachtungen einen sogenannten mittleren Stand des Meeres an den Ufern

als den Stand der Meeresfläche bestimmt, der überall, in allen Meeren, zwar als gleich angenommen wird, jedoch, durch locale Verhältnisse bedingt, geringe Ungleichheiten erkennen läßt, deren bedeutendste, diejenige zwischen Ostsee und Nordsee, höchstens 8 F. beträgt, da die früher angenommene von 30 Fuß zwischen rothem und mittelländischem Meere sich als eine fehlerhafte herausgestellt hat[5]). Betrachten wir nun das Festland, welches über das Meeresniveau sich erhebt, so erscheint dasselbe, im Großen betrachtet, als eine meist sanft ansteigende, schildförmige Masse, auf der hin und wieder steiler ansteigende prismatische Gebilde — Gebirgsketten — sich aufgesetzt finden, oder auch mehr oder weniger ausgedehnte, einer abgestumpften Pyramide zu vergleichende Ländermassen — Plateaus — sich erheben. Es ist die Aufgabe der speziellen Geographie, die Vertheilung und Größe dieser Gebilde zu verfolgen, wir begnügen uns damit, die Mengenverhältnisse derselben in's Auge zu fassen. Sehr geringe Mengen des Landes, nur thurmartig sich erhebende isolirte Spitzen — Berge — haben eine etwas bedeutende Höhe, von 20000 Fuß und darüber, eine Höhe, die jedoch verschwindend klein ist, wenn wir sie mit dem Erdhalbmesser vergleichen. Die höchsten Berge haben nämlich nur eine Höhe von 1⅕ geogr. Meilen, so daß sich ihre Höhe zu dem Halbmesser der Erde verhält wie 1⅕ : 860 = 1 : 716. Bei einem Globus von 2 Fuß im Durchmesser würde der höchste Berg ziemlich genau ⅕ Linie hoch dargestellt werden müssen, wenn das Verhältniß ein richtiges sein sollte. — Von dieser Höhe giebt es nun aber nur ein Paar Punkte der Erde, die bei weitem größte Masse hat nicht einmal die Hälfte, ja nicht einmal ein Viertel dieser Höhe. — Man hat nun zu berechnen gesucht, wie hoch die einzelnen Continente über das Meer emporragen würden, wenn man alle Unebenheiten in denselben gleichmachen, diese höheren Theile abtragen und erniedrigen, und mit deren Masse die tiefer gelegenen Länder ausfüllen und erhöhen würde, so daß das ganze Land eine vollkommen ebene und horizontale Fläche mit senkrecht gegen das Meer abfallenden Wänden bilden würde, alle Punkte innerhalb dieses Continentes also eine gleiche Höhe über dem Meere hätten. Diese Höhe hat man die mittlere Höhe der Continente genannt. Man findet diese mittlere Höhe dadurch, daß man die ganze Masse des Landes, welches über das Meer emporragt, sei-

nem körperlichen Inhalte nach zu berechnen sucht, was natürlich um so genauer geschehen kann, je mehr man Höhenangaben von einem Lande besitzt, je genauer man also seine Reliefverhältnisse kennt. Indem man die einzelnen, verschieden hoch gelegenen Theile desselben gesondert berechnet, und durch Summirung aller dieser Theilmassen die ganze Masse, findet man daraus sehr leicht, bei dem bekannten Flächeninhalte des Landes, die mittlere Höhe des Continentes, da ja der Flächeninhalt, mit der mittleren Höhe multiplicirt, eben die berechnete Gesammtmasse des ganzen Landes geben muß, also die Gesammtmasse, durch den Flächeninhalt dividirt, die mittlere Höhe [6]).

A. v. Humboldt hat sich der mühevollen Arbeit unterzogen, auf diese Weise die mittlere Höhe der Continente zu berechnen. Er hat für die vier bekannteren folgende Zahlen gefunden:

für Europa . . . 630 Fuß.
„ Asien . . . . 1080 „
„ Nordamerika 702 „
„ Südamerika 1062 „

Diese vier Massen würden, in derselben Weise untereinander ausgeglichen, eine mittlere Höhe von 947 Fuß zeigen. — Wie verhält sich nun dagegen die Masse des Wassers? Die Menge desselben könnten wir in derselben Weise bestimmen, wenn wir Anhaltspunkte genug hätten, um die Reliefverhältnisse des Meeresgrundes daraus entnehmen und so eine mittlere Tiefe des Meeres in demselben Sinne wie die mittlere Höhe des Landes finden zu können. Wir besitzen aber, mit Ausnahme der Binnenmeere und der Meeresstrecken in mehr oder weniger großer Entfernung um die Küsten von Ländern und Inseln, sehr wenig Angaben über die Tiefe des Meeres und über die Gestaltung des Meeresgrundes, indem erst sehr spärliche Messungen über eine bestimmte Tiefe hinaus gemacht worden sind. Als allgemeines Resultat können wir mit Sicherheit nur das aussprechen, daß die mittlere Tiefe des Meeres die mittlere Höhe der Continente übertrifft. — Unter den Tropen hat man bei 25300 Fuß (A. v. Humboldt), zwischen St. Helena und der brasilianischen Küste, J. Roß bei 25900 P. Fuß noch keinen Grund gefunden*).

*) J. Ross, Voyage to the Southern sea. Vol. II. p. 381.

In der Südsee wurde an einzelnen Stellen ebenso bei Messungen bis zu 11670 und 12300 Fuß Tiefe noch kein Grund erreicht*). Die größte, bis jetzt gefundene Tiefe des Meeres wurde zwischen Rio Janeiro und dem Cap gefunden, wo Capitain Denham bei 46236 engl. Fuß (= 43365 P. Fuß) 1852 wirklich den Grund fand**). Diese Tiefe übertrifft den am Genauesten gemessenen höchsten Gipfel des Himalaya, den Kintschindjinga, der 26438 P. F. hoch ist, um fast 17000 Fuß, so daß also nicht nur die mittlere Tiefe, sondern auch die größten Vertiefungen der Erdoberfläche sich weiter unter den Meeresspiegel hinab erstrecken, als sich die mittlere Höhe der Continente und die höchsten Berggipfel über denselben erheben. Die eigentlichen Oceane zeigen im Allgemeinen eine viel beträchtlichere Tiefe, als die Binnenmeere und ebenso erscheinen dieselben an den Küsten viel weniger tief, als fern von denselben. So ist die Ostsee gewöhnlich zwischen 180—240 Fuß tief, und die Nordsee zwischen England, Deutschland und Norwegen hat auch im Mittel nur eine Tiefe von circa 300 Fuß. Diese geringere Tiefe rührt eines Theils davon her, daß durch die Flüsse und die Brandung fortwährend feste Massen als Sand und Schlamm in jenen Meeren abgesetzt werden, wodurch ihre Tiefe vermindert wird, andren Theils aber auch, weil mit wenigen Ausnahmen das Land sich nur allmählich unter das Meer hinabsenkt. Es fehlen uns, wie erwähnt, noch von zu vielen Punkten des Meeres sichere Messungen, als daß wir mit derselben Sicherheit, wie für die aus demselben hervorragenden Ländermassen, eine mittlere Tiefe des Meeres berechnen können. Alle Angaben darüber sind noch sehr problematisch, und das Verhältniß der Masse des Wassers zu der des Landes daher ebenso unsicher. E. de Beaumont glaubt als mittlere Tiefe des Meeres 5000 Meter, circa 16000 P. F., annehmen zu dürfen. In diesem Falle wäre die Masse des Wassers doch nur so groß, daß sie $^1/_{578}$ des ganzen Erdkörpers dem Volumen nach betrüge. Im Verhältnisse zu den über das Meer emporragenden Ländermassen wäre sie aber so bedeutend, daß, wenn man alle diese gleichmäßig über den jetzigen Meeresgrund hin ausbreiten würde, die ganze Erde überall von einem 11000 F. tiefen Meere bedeckt wäre.

*) Poggendorff, Annalen, Bd. 51. p. 176.
**) Poggendorff, Annalen, Bd. 89. p. 493.

Wir werden ſpäter noch einmal auf dieſe Verhältniſſe zurückkommen, wenn wir von dem Urzuſtande der Erde und den beiden über denſelben aufgeſtellten Theorieen ſprechen werden und betrachten zuvor noch kurz die Temperaturverhältniſſe, welche wir in dem Meere wahrnehmen. Wir werden auch hier, wie bei der Betrachtung derſelben in Beziehung auf das feſte Land, von der Oberfläche ausgehen und dann ebenſo die Temperatur der Tiefe unterſuchen. Vor Allem müſſen wir jedoch auf die weſentlichen Verſchiedenheiten unſere Aufmerkſamkeit richten, welche das Waſſer in ſeinem Verhalten gegen die Wärme zeigt im Vergleich mit dem der feſten Beſtandtheile der Erdrinde. Ohne Vergegenwärtigung dieſer Verſchiedenheiten würden uns die Temperaturverhältniſſe des Meeres ein unauflösliches Räthſel bleiben.— Es ſind hauptſächlich zwei Punkte, die hiebei zur Sprache kommen. Sie betreffen

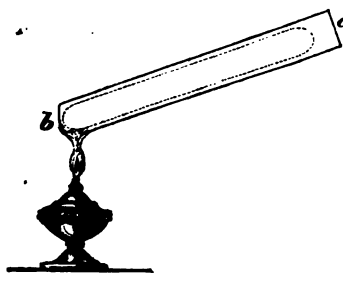
1) die Aufnahme der Wärme;

2) die Fortleitung und Mittheilung der Wärme im Waſſer.

Was den erſten Punkt betrifft, ſo haben uns genaue Verſuche gelehrt, daß Waſſer unter allen Körpern am meiſten Wärme braucht, um eine höhere Temperatur anzunehmen, die größte Wärmecapacität hat, bei Mittheilung von gleichen Mengen Wärme in gleich langer Zeit eine geringere Temperatur zeigt, als jeder andere Körper. Aus demſelben Grunde aber erkaltet es auch viel langſamer, als irgend ein anderer Körper, indem es bei Abgabe gleicher Mengen von Wärme in gleich langer Zeit doch noch mehr Wärme enthält, als jeder andere Körper, der beim Beginne der Abkühlung eine gleiche Temperatur hatte. Stellen wir z. B. zwei ganz gleiche Gefäße von Blech, das eine mit 1 Pfund Waſſer, das andere mit 1 Pfund Schwefelſäure gefüllt, beide auf Null Grad erkältet, in ein 20° warmes Zimmer, ſo werden wir bemerken, daß in dem Momente, in welchem die ganze Maſſe Schwefelſäure 20° warm geworden iſt, das Waſſer erſt 6⅔° zeigt, und daß es gerade dreimal ſoviel Zeit erfordert, bis das Waſſer auch auf 20° gekommen iſt. Bringen wir, wenn beide nun 20° warm ſind, ſie wieder zurück in einen Raum, der Null Grad zeigt, und warten, bis die Schwefelſäure wieder auf 0 erkältet iſt, ſo werden wir finden, daß das Waſſer noch 13⅓° warm iſt, und daß es wieder dreimal ſo

lange ſtehen muß, als die Schwefelſäure, um auf 0 herunter zu ſinken.

Der zweite Punkt betrifft die Leitung der Wärme. Es ſei a b eine Stange von einem feſten Körper, z. B. Metall oder Glas,




die wir bei b erhitzen, ſo wird ein Theilchen bei b die Wärme, die es von der Flamme empfängt, dem benachbarten mittheilen, dieſes wieder ſeinem nächſten und auf dieſe Weiſe wird die Wärme ſelbſt von einem feſten Theilchen zum andern wandern, bis ſie endlich nach a gelangt. Ganz anders verhält es ſich jedoch, wenn a b ſtatt eines Stabes eine mit Flüſſigkeit gefüllte Röhre iſt. Erhitzen wir dieſe bei b, ſo wird die unten am Boden befindliche Flüſſigkeit zunächſt erhitzt; die Wärme dehnt dieſelbe aus und macht ſie dadurch alſo ſpecifiſch leichter. In Folge dieſes Leichterwerdens ſteigt die am Boden ſich befindende Flüſſigkeit in die Höhe und eine kältere, ſchwerere Parthie derſelben ſinkt zu Boden, wie man dies ſehr deutlich ſehen kann, wenn man ein feines Pulver eines Körpers, der um Weniges ſchwerer als Waſſer iſt, in daſſelbe wirft und das Waſſer nun von unten erhitzt. Man ſieht hier ganz deutlich, wie das erwärmte Waſſer mit den kleinen Staubtheilchen in die Höhe ſteigt, und wie kälteres von oben an ſeine Stelle tritt. Es wandert alſo in dieſem Falle nicht die Wärme von einem Theil zum andern, ſondern der erwärmte Theil der Flüſſigkeit trägt die Wärme von einer Stelle zur andern. Die Wärme wird auf dieſe Weiſe viel raſcher und viel gleichmäßiger in flüſſigen Maſſen verbreitet, als dieſes in feſten Körpern geſchieht. Die Bewegung wird um ſo raſcher erfolgen, je größer die Differenzen zwiſchen dem wärmſten und dem kälteſten Punkte der in Betracht kommenden Flüſſigkeitsſäule ſind.

Wir wollen nach dieſen Vorbemerkungen zunächſt eine ruhende Waſſermaſſe von etwas bedeutender Tiefe annehmen und die Verhältniſſe betrachten, die uns eine ſolche in Beziehung auf ihre Erwärmung darbietet. Wie bei der Oberfläche der Erde

dringt auch hier, z. B bei einem See, die Wärme aus der Luft und durch die Sonnenſtrahlen von oben ein, und kann ſich in dieſem Falle ebenfalls nur durch die gewöhnliche Art der Wärmeleitung wie in einem feſten Körper fortpflanzen, indem die oberſten Theilchen des Waſſers am ſtärkſten erwärmt werden und als die leichteren daher auch oben bleiben. Eine Mittheilung der Wärme durch Bewegung der Waſſertheilchen findet daher hier nicht Statt und man findet daher auch eine Abnahme der Wärme von der Oberfläche nach der Tiefe zu, indem das ruhige Waſſer ein ſehr ſchlechter Wärmeleiter iſt. Ganz anders verhält es ſich aber, wenn nun eine bedeutende Abkühlung von oben her durch die Luft eintritt. So wie nämlich die oberen Waſſertheilchen kälter werden, als die unter ihnen liegenden, ſo werden ſie ſchwerer, ſinken zu Boden und laſſen die tieferen, wärmeren und dadurch leichteren an die Oberfläche ſteigen. So tritt nun bei einer Abkühlung von oben her daſſelbe Verhalten ein, wie bei einer Erwärmung von unten, nämlich die wärmeren Waſſertheilchen von unten bewegen ſich nach oben, die oben kälter gewordenen ſinken zu Boden und ſo wird nach und nach die ganze Waſſermaſſe gleichmäßig erkältet. Dabei findet jedoch ein großer Unterſchied zwiſchen dem Meerwaſſer und dem Waſſer unſerer Seen und Flüſſe Statt. Das ſüße Waſſer hat nämlich ſeine größte Schwere bei einer Temperatur von 4½° C. Es wird nicht mehr ſchwerer, wenn es noch kälter wird, ſondern wieder etwas leichter, bleibt daher dann an der Oberfläche und ſo fängt, wenn die Erkaltung bis Null Grad fortgeſchritten iſt, die Oberfläche an zu gefrieren, während die größere Maſſe des Waſſers auf 4½ Grad abgekühlt iſt. Von dem Augenblicke an treten wieder die einfachen Leitungsverhältniſſe der Wärme von oben nach unten ein. Je länger die Kälte dauert, deſto dicker wird nach und nach die Eisrinde oben auf dem Waſſer. Da aber das Eis und das Waſſer ein ſehr ſchlechter Wärmeleiter iſt, ſo bringt die größere Kälte nur äußerſt langſam ein und daher iſt ſchon bei uns eine Eisdecke, mehr als 1 Fuß dick, eine außerordentliche Seltenheit. Anders verhält ſich in dieſer Beziehung das geſalzene Meerwaſſer. Dieſes hat nämlich ſeine größte Schwere erſt bei einer Temperatur unter Null[7]). Die Abkühlung des Meerwaſſers kann daher bis unter Null fortgehen und immer werden die bis dahin erkälteten Theile hinab-

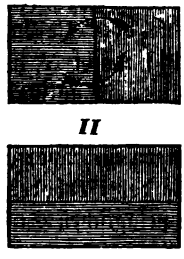
ſinken und wärmeren Platz machen. Dies iſt mit der Grund, warum das Meerwaſſer ſo ſchwer gefriert, weil es bis zu ſeinem Gefrierpunkte immer ſchwerer wird und wärmeres aus der Tiefe aufſteigen läßt. Nur da, wo viel ſüßes Waſſer ſich in das Meer ergießt, an den Mündungen der Flüſſe, gefriert daſſelbe leichter, weil hier mehr- oder weniger die Verhältniſſe des ſüßen Waſſers eintreten. Das Meerwaſſer bildet nun aber eine zuſammenhängende Maſſe von dem Nordpole bis zu dem Südpole. Seine Oberfläche iſt daher auch allen verſchiedenen Temperaturen, die auch die Oberfläche der Erde betreffen, ausgeſetzt; aber die Wirkung wird eine ganz andere ſein müſſen, und wir ſehen auch in der That, daß das Meer auch an ſeiner Oberfläche ganz andere Temperaturen zeigt, als die Oberfläche des Bodens oder die Luft. Die Verſchiedenheit in der Wärmecapacität (p. 144) macht es uns erklärlich, daß es im Winter nie ſo kalt, im Sommer nie ſo warm wird, wie die Oberfläche des Erdbodens. Seine Temperatur iſt auch an der Oberfläche viel geringeren Schwankungen unterworfen, indem namentlich eine ſo ſtarke Abkühlung, wie die des Erdbodens, nicht möglich iſt. „Sie zeigt da, wo ſie nicht von pelagiſchen Strömen kalter und warmer Waſſer durchfurcht wird, fern von den Küſten in der Tropenzone, beſonders zwiſchen 10° nördlicher und 10° ſüdlicher Breite, in Strecken, die Tauſende von Quadratmeilen einnehmen, eine bewundernswürdige Gleichheit und Beſtändigkeit der Temperatur.“ (A. v. Humboldt.) Dieſe geringeren Schwankungen werden aber auch außerdem noch durch die in Folge der ungleichen Temperaturen an verſchiedenen Stellen erregten Bewegungen des Meeres erklärlich. Es ſind dieſe Bewegungen aber von zweierlei Art:

1) Locale, auf- und abſteigende;

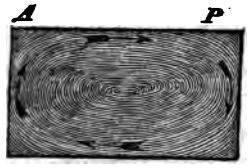
2) allgemeine, einen mächtigen doppelten Kreislauf darſtellende, die uns namentlich die Temperaturen der Tiefe erklärlich machen.

Die localen finden theils täglich, theils jährlich Statt, und erſtrecken ſich nach den größeren oder geringeren Temperaturunterſchieden des Waſſers in bedeutendere oder geringere Tiefen. Die Unterſchiede des Tages und der Nacht, des Sommers und des Winters, welche zunächſt die oberſten Waſſerſchichten betreffen, bedingen ein derartiges Auf- und Abſteigen. Die bei Nacht und im Winter ſtärker erkälteten Schichten des Waſſers ſinken in die

Tiefe und laſſen wärmere an die Oberfläche treten. Aehnlich wie bei dem Erdboden werden in einer gewiſſen Tiefe unter der Oberfläche des Waſſers die täglichen und noch weiter hinab die jährlichen Temperaturunterſchiede verſchwinden. Darüber fehlen jedoch noch genaue Unterſuchungen, in welchen Tiefen dieſes eintrete[8]), auch werden durch die große zweite Bewegung des Waſſers, die wir zu betrachten haben, die Erſcheinungen der Temperatur der Tiefe weſentlich modificirt. Um dieſelben zu verſtehen, wollen wir ein Beiſpiel wählen, an dem dieſe Bewegungserſcheinungen ſich vollkommen deutlich machen laſſen. Es ſeien A und B zwei Abtheilungen eines durch eine Scheidewand getheilten Gefäßes, die eine A mit Waſſer, die andre B mit Oel gefüllt; die beiden Flüſſigkeiten werden in dieſem Falle ſich vollkommen ruhig verhalten. Nun denke man ſich die Scheidewand plötzlich herausgezogen, ſo werden ſich offenbar die Flüſſigkeiten ſo anordnen, daß die ſchwerere, das Waſſer, den Boden beider Abtheilungen, wie Fig. II, einnimmt, und das Oel, als leichtere, ſich darüber lagern wird, und zwar wird dies dadurch geſchehen, daß nach Entfernung der Scheidewand das Waſſer auf dem Grunde hin von A nach B bewegt und an der Oberfläche über das Waſſer hin das Oel von B nach A, in der Richtung wie es die punctirten Linien und Pfeile angeben.




Man denke ſich nun ſtatt des Oeles in B das wärmere, alſo leichtere Waſſer des Aequators, ſtatt A das kältere, ſchwerere der Polarmeere, ſo begreift man, wie von dem Aequator fortwährend leichteres Waſſer — wie Oel in dem Verſuche — an der Oberfläche gegen den Pol zu und auf dem Grunde kälteres Waſſer von den Polen gegen den Aequator zu ſtrömen muß. Da aber dieſe Ungleichheit immer anhält, ſo iſt auch dieſe Bewegung eine anhaltende. Das Waſſer wird von der tropiſchen Sonne erwärmt und leichter gemacht und ſtrömt gegen die Pole, auf dem Wege dorthin wird es immer kälter und ſchwerer, erreicht endlich ſeine größte Schwere, ſinkt zu Boden und ſtrömt auf dem Grunde hin gegen den Aequator, wo es wieder in die Höhe ſteigt, um von Neuem ſeinen Kreislauf zu beginnen, ungefähr in der hier gezeichneten Weiſe. An den beiden Extremen,




dem Aequator A, und dem Pole P, iſt natürlich die Bewegung die energiſchſte. Am Aequator die aufſteigende, an dem Pole die abſteigende, zwiſchen beiden werden die beiden in entgegengeſetzter Richtung ſich bewegenden Ströme aneinander grenzen, und bald der eine, bald der andere weiter gegen die Oberfläche, oder weiter gegen die Tiefe zu gerückt ſein; ſtellenweiſe auch gar keine Bewegung ſich vorfinden. Man wird nun leicht begreifen, wie durch dieſe Ströme die Temperaturverhältniſſe des Meerwaſſers bedeutend modificirt werden, indem fortwährend eine Ausgleichung oder wenigſtens Verringerung der Unterſchiede in den Temperaturen der verſchiedenen Meere zu Stande gebracht wird; wie an einem Punkte eine Abkühlung des Waſſers der Tiefe, alſo eine niedrigere Temperatur, als man der Sonnenwärme nach vermuthen ſollte, angetroffen wird, an dem anderen eine wärmere. So kommt es denn auch, daß unter dem Aequator ſelbſt die Temperatur von der Oberfläche an viel raſcher abnimmt, als in höheren Breiten, eben wegen des intenſiven Aufſteigens der kalten Polarwaſſer an dieſer Stelle. Während z. B. unter dem Aequator die Temperatur der Oberfläche des Meeres 28,6° C. beträgt, iſt ſchon bei 420 Fuß eine Temperatur von 14,6° C., dagegen muß man unter 21° NB., wo die Oberflächentemperatur nur 24,5° C. iſt, bis zu 1200 F. hinab, um eine Abnahme der Temperatur bis zu demſelben Grade von 14,6° C. zu finden, und erſt in 41° NB., wo die Oberflächentemperatur 17,5° C. beträgt, hat man wieder bei 420 Fuß Tiefe dieſelbe Temperatur, wie unter dem Aequator. Dort nimmt ſie alſo auf 420 Fuß um 14° ab, während ſie unter 41° NB. auf dieſelbe Tiefe nur um 3° abnimmt[9]). Eine conſtante Temperatur, wie wir ſie in der feſten Erdrinde finden, wird nun allerdings ebenfalls in dem Meere an jedem Punkte zu finden ſein, ſie wird ſich da finden, wo eben die doppelten Wärmeunterſchiede, die von der Erwärmung und Abkühlung in ſenkrechter Richtung von der Oberfläche her, und die durch den großen Kreislauf des Waſſers bedingten ſeitlichen ſich ausgleichen. Natürlich wird dieſe beſtändige Temperatur an verſchiedenen Punkten in ſehr verſchiedener Tiefe anzutreffen ſein. Unterſuchungen darüber, wo dieſe conſtante Temperatur herrſche, und wie hoch ſie

an den verschiedenen Punkten sei, sind bis jetzt nur höchst unvollkommen angestellt und auch nur mit großen Schwierigkeiten anzustellen. Als allgemeines Resultat der bisherigen Betrachtungen können wir Folgendes aufstellen:

1) Die Temperatur des Meeres ist eine viel constantere an seiner Oberfläche, als die der Oberfläche der festen Erdrinde.

2) Sie ist viel geringeren Schwankungen unterworfen, als die des Bodens.

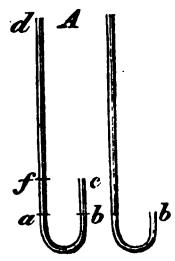
3) Die Temperatur nimmt überall von der Oberfläche gegen die Tiefe zu ab, aber in einem sehr verschiedenen Grade.

4) Die Temperaturunterschiede erstrecken sich stellenweise in größere Tiefen, als auf dem festen Lande.

5) Die Wärme des Meeres ist nicht wie die des Bodens, nur abhängig von der senkrecht von außen eindringenden Sonnenwärme, sondern jeder Punkt nimmt Theil an den Temperaturen der ganzen Masse, indem sich dieselbe in einer fortwährenden Bewegung befindet, wodurch wärmeres Wasser nach kälteren, kälteres Wasser nach wärmeren Gegenden geführt wird.

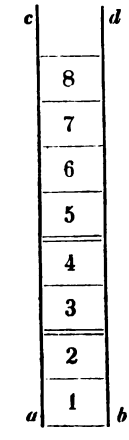
6) Das Meerwasser erhält keine oder ebenso wenig erhebliche Wärme aus seinem Grunde, wie das Luftmeer von der Oberfläche des Bodens.

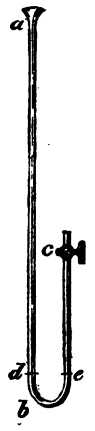
## Anmerkungen und Erläuterungen zum siebenten Kapitel.




1) zu S. 137. Wenn man in eine Uförmig gebogene, n beiden Seiten offene Röhre Queckſilber auf einer Seite ingießt, ſo bemerkt man, daß ſich das Queckſilber auf beien Seiten gleich hoch ſtellt, wie a b Fig. A, die Röhre mag un überall gleich weit ſein oder nicht. Gießt man in d mmer mehr Queckſilber ein, ſo läuft es endlich bei c wieder us. Halten wir nun die Röhre bei c zu, ſo können wir ieſelbe bis zu d vollkommen anfüllen. Verſchließen wir nun ie Röhre luftdicht bei d, und ziehen wir nun den verſchlieenden Finger bei c weg, ſo ſtellt ſich das Gleichgewicht in en beiden Schenkeln der Röhre nicht mehr her. Iſt z B. ie Länge der Röhre von d bis zu dem c gegenüberliegenden unkte f etwa 2 Fuß, ſo läuft bei c gar kein Queckſilber eraus, dies tritt erſt dann ein, wenn die Queckſilberſäule d länger als 28 Zoll wird. Machen wir z. B. die Röhre ſo lang, daß ſie wiſchen f d z. B. 36 Zoll iſt, ſo bleibt das Queckſilber nicht bei d ſtehen, es inkt in der Röhre d f (wobei natürlich bei c Queckſilber ausläuft) ſo weit, daß heu über f eine 28 Zoll hohe Queckſilberſäule ſteht. Wodurch wird dieſe Queckſilberſäule gehalten? Offenbar durch die Luft, welche durch die offene Röhre bei c einſeitig auf das Queckſilber drückt, während ſie bei d durch das verſchloſſene Ende nicht auf die andere Seite auch drücken kann. So wie wir bei d wieder eine Oeffnung machen, drückt auch auf der andern Seite die Luft ebenſo ſtark, wie bei c und nun wird die Queckſilberſäule augenblicklich wieder auf beiden Seiten gleich lang. Wir ſehen daraus alſo, daß die Schwere der über der offenen Röhre ſich befindenden ganzen Luftſäule ſo groß iſt, wie eine Queckſilberſäule von 28 Zoll; und weil wir alſo durch ein derartiges Inſtrument eben den Druck, die Schwere der Luft für jeden Punkt der Erdoberfläche bemeſſen können, hat man daſſelbe Barometer (Schwerememeſſer) genannt.

2) zu S. 137. Es ſei a b ein Theil der Erdoberfläche, über der ſich die Luftſäule a b c d befinde, deren obere Grenze wir nicht kennen. Denken wir uns nun dieſelbe in lauter gleich dicke Schichten (1—8) getheilt, ſo iſt offenbar, daß auf 7 die Luftſchichte 8 drückt, auf 6 die Schichten 8 und 7 u. ſ. f., immer eine tiefer gelegene die Laſt aller übrigen höher gelegenen zu tragen hat. Aus dieſem Grunde wird auf das Barometer von 1—8 eine immer geringer werdende Menge Luft drücken. Wäre die Luft ein unelaſtiſcher, nicht zuſammenpreßbarer Körper, ſo würde jede gleich dicke Schichte eine gleiche Menge Luft enthalten und gleich ſchwer ſein, das Queckſilber würde im Barometer beim Hinaufſteigen in die Höhe gleichmäßig ſinken, wenn wir uns von einer Schichte zur andern bewegen. Würde es von der Oberfläche der Erde an bis zum Anfange der Luftſchichte 2 um 10 Linien ſinken, ſo würde es auch von 2—3, 3—4 . . . . 7—8 u. ſ. f. um je 10 Linien ſinken, bis es zuletzt an der Grenze der Atmoſphäre auf Null ſtünde, d. h. in beiden Schenkeln gleich hoch. Nun iſt aber die Luft ein im höchſten Grade elaſtiſcher und zuſammendrückbarer Körper, und in Folge deſſen nimmt die Menge und Schwere der Luft von oben nach unten nach gleichen Zwiſchenräumen zu. Durch die Laſt der auf ihr ruhenden Luftſchichte 8 wird die Schichte 7 zuſammengedrückt, alſo dichter, 6 erleidet nun den doppelten Druck von 8 und 7, wird alſo noch mehr als 7 zuſammengepreßt, und ſo wird jede nächſtfolgende tiefere Luftſchichte immer ſtärker zuſammengedrückt, die Luft alſo in einem ſtetig fortſchreitenden Verhältniſſe von oben nach unten dichter und ſchwerer, umgekehrt von unten nach oben immer dünner und leichter. In welchem Verhältniſſe findet nun dieſe Zuſammendrückbarkeit Statt? Man hat dieſes auf experimentellem






Wege gefunden. Es sei a b c eine Glasröhre, die an beiden Seiten offen, bei c durch einen Hahn verschlossen werden kann. Man lasse nun den Hahn offen und gieße bei a Queckſilber ein, ſo wird daſſelbe bei d und e gleich hoch ſtehen. Schließt man nun den Hahn bei c und gießt nun bei a Queckſilber nach, ſo wird die Luft zwiſchen e c zuſammengedrückt. Man hat nun gefunden, daß wenn man die Luftſchichte e c dem Drucke einer Queckſilberſäule von 28 Zoll ausſetzte, alſo außer dem Druck der Atmoſphäre ſelbſt noch einem ebenſo großen durch das Queckſilber, im Ganzen alſo einem doppelten Atmoſphärendrucke, die Luftſäule e c auf die Hälfte ihrer Höhe reducirt und zuſammengepreßt wurde. Goß man nun noch einmal ſo viel Queckſilber nach, übte alſo einen Druck gleich dem von drei Atmoſphären aus, ſo wurde e c auf $^1/_3$ ſeiner urſprünglichen Länge, bei einem Drucke von vier Atmoſphären auf $^1/_4$ derſelben zuſammengedrückt. Es läßt ſich dieſes Verhalten daher ſo ausſprechen: Die Räume, welche eine Gasart ausfüllt, verhalten ſich umgekehrt wie die auf dieſelbe preſſenden Kräfte, oder: Die Dichtigkeit der Gaſe iſt dem Drucke proportional, den ſie auszuhalten haben. Dieſes Geſetz, das nach ſeinem Entdecker das Mariotte'ſche Geſetz genannt wird, hat ſich bei Verſuchen, welche Arago und Dulong anſtellten, bis zu einem Drucke von 27 Atmoſphären als richtig beſtätigt. Regnault hat jedoch aus ſeinen Experimenten gefolgert, daß ſchon vom Drucke einer Atmoſphäre an das Mariotte'ſche Geſetz nicht mehr genau zutreffe. (Poggendorff, Annalen LXVII. 534.) — Ebenſo hat man aber auch durch künſtliche Verdünnung der Luft mittelſt der Luftpumpe daſſelbe Geſetz für die geringer werdende Dichtigkeit der Luft zu prüfen Gelegenheit gehabt und auch hier daſſelbe bis zu $^1/_{500}$ des Druckes der Atmoſphäre als anwendbar gefunden. Folgt nun die Abnahme der Dichtigkeit in der Atmoſphäre denſelben Geſetzen, ſo würde ſie ſchon in einer Höhe von 5 Meilen dünner ſein, als wir ſie mit unſeren beſten Luftpumpen zu verdünnen im Stande ſind. In einer Höhe von 10 Meilen würde ſie nur noch den 5000ſten Theil der Dichtigkeit, die ſie an der Meeresoberfläche hat, beſitzen. — Dieſes Mariotte'ſche Geſetz hat ſich durch die Erfahrung alſo nur innerhalb der Grenzen eines Druckes von $^1/_{500}$ Atmoſphäre bis zu 27 Atmoſphären und mit vollkommener Sicherheit nicht einmal ſo weit beſtätigen laſſen; ob es jenſeits dieſer Grenzen und wie weit über dieſelben hinaus noch Gültigkeit habe, darüber läßt ſich durchaus nichts Beſtimmtes ſagen und alle Schlüſſe, welche man aus der unbegrenzten Annahme dieſes Geſetzes gezogen hat, ſind vollkommen unberechtigt und unbeweisbar, ſowie ſie jene durch unſere Verſuche geſetzten Grenzen überſchreiten.

[3]) zu S. 138. Die Ausdehnungsfähigkeit der Luft, welches auch ihre Größe an der Oberfläche der Erde nach den Verſuchen ſein mag, die ſie alſo bis zu $^1/_{500}$ der Dichtigkeit der Atmoſphäre als dem Mariotte'ſchen Geſetze folgend erkennen ließen, wird jedenfalls durch die Anziehungskraft der Erde bedeutende Modificationen erleiden. Während nämlich die Ausdehnungskraft der Luft die einzelnen Theilchen derſelben von der Erde weg in den Weltraum zu bewegen ſtrebt, treibt die Anziehungskraft der Erde, die Schwere, ſie gegen die Erde wieder hin. Ebenſo modificirend wirkt die Temperatur, der die Luft ausgeſetzt iſt, auf ihre Ausdehnung ein, indem dieſelbe mit der ſteigenden Temperatur ſteigt, mit dem Sinken derſelben ebenfalls ſinkt. Da nun die Temperatur mit der Entfernung von der Erde abnimmt, ſo kommt ein neues Moment hinzu, welches die Ausdehnung der Luft gegen die Grenze der Atmoſphäre zu immer mehr beſchränkt und hemmt. — Daß das Mariotte'ſche Geſetz bei niedriger Temperatur für Dämpfe, d. h. gasförmig gewordene flüſſige Körper, eine Ausnahme in Beziehung auf die Ausdehnung dieſer Gaſe erleide, beſtätigen die ſchönen Verſuche von Faraday. Wenn man auf den Boden einer hohen Flaſche etwas Queckſilber brachte und an dem Halſe derſelben ein Goldblättchen, ſo zeigte ſich bei etwas höherer Wärme im Sommer, daß die Queckſilberdämpfe

von dem Boden sich bis zu dem Goldblättchen erhoben, indem dasselbe von den Queckfilberdämpfen weiß wurde. Im Winter dagegen, bei großer Kälte, wurde dasselbe durchaus nicht angegriffen. Dasselbe zeigte ein Versuch mit Schwefelsäure und einem Zinkblättchen unter denselben Umständen. Aus beiden Versuchen geht unzweifelhaft hervor, daß die über dem Boden der Flasche sich bildende Atmosphäre von Queckfilber- und Schwefelsäuregas eine bestimmte Grenze in der Kälte hatte, die durch die Ausdehnung der Gase in Folge der Wärme sich höher über den Boden erhob und dann erst jene Metallblättchen erreichte, daß also das Mariotte'sche Gesetz nicht allgemein gültig sei. — Astronomische Beobachtungen über die Umgebung der Planeten, auf die wir später zurückkommen werden, zeigen ebenfalls auf das allerentschiedenste, daß unsere Atmosphäre nicht, wie es nach dem Mariotte'schen Gesetze folgen würde, unbegrenzt sei, sondern daß sie eine bestimmte Grenze habe.

4) zu S. 140. Je zahlreicher die Mittel wurden, geringe Mengen einfacher Stoffe oder chemischer Verbindungen sicher nachweisen zu können, je sorgfältiger diese Mittel in Beziehung auf die Untersuchung der Atmosphäre angewandt wurden, desto mehr Stoffe hat man auch in derselben aufgefunden. Von besonderer Wichtigkeit ist für den Haushalt der Natur hauptsächlich die Kohlensäure, die unter allen jenen Stoffen zwar noch in der größten Menge vorhanden ist, jedoch nur im Mittel $^4/_{1000}$ dem Raume nach beträgt. Als Hauptresultate der außerordentlich zahlreichen und seit lange stets wiederholten Untersuchungen der Luft, die in neuester Zeit im größten Maaßstabe von dem französischen Akademiker Regnault ausgeführt wurden, indem er 223 von den verschiedensten Orten der Erde gesammelte Luftproben untersuchte, ergeben sich folgende: Die Zusammensetzung der Luft ist, äußerst geringe Schwankungen, durch locale Verhältnisse bedingt, abgerechnet, überall und zu allen Zeiten dieselbe. Die größten Schwankungen in Beziehung auf den Sauerstoffgehalt zeigten die beiden Extreme der am Flusse Guayaquil in Equador und von dem Ganges bei Calcutta gesammelten Luftproben. Erstere enthielt 21,015, letztere 20,387 % Sauerstoff. Zu dieser Gleichheit in der Zusammensetzung tragen zweierlei Umstände besonders bei, die eine sehr rasche Ausgleichung der local sich bildenden Ungleichheiten zu Wege bringen und uns erklärlich machen, daß in den bevölkertsten Städten, wie z. B. Paris, die Luft dieselbe Zusammensetzung zeigt, wie auf dem Montblanc oder einem anderen hohen Berge, und uns das fortwährende Athmen an einem Orte möglich macht. Der erste Umstand ist die s. g. Diffusion der Gase.

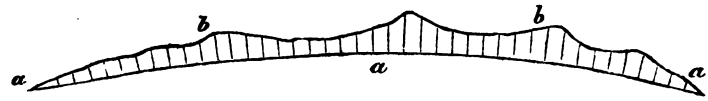
Wenn man eine Flasche a voll von einem Gase hat und eine zweite e voll von einem anderen und man bringt diese beiden Flaschen etwa durch eine Röhre b d c oder sonst wie mit einander in Communication, so dehnen sich beide Gasarten augenblicklich so aus, als wenn die andre Flasche ganz leer wäre, man findet nach der kürzesten Frist, daß die Luft in beiden Flaschen ein ganz gleichmäßiges Gemenge von beiden Gasen ist, daß in jeder Flasche gleichviel von beiden Gasen sich befindet. Man mag nun vier, fünf oder noch mehr Gase nehmen, immer findet sich dasselbe Verhältniß. Auf diese Weise verbreiten sich augenblicklich die z. B. durch den Athmungsproceß erzeugten Gasarten in der ganzen Atmosphäre und lassen dadurch die Zusammensetzung der Luft, da sie gegen die Menge dieser eine verschwindend kleine Menge bilden, stets als unverändert erscheinen. Als zweiter Umstand ist hervorzuheben, daß fortwährend die Atmosphäre Bewegungen erleidet, die ebenfalls wieder eine Ausgleichung aller localen Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der Luft bedingen. Diese Bewegungen hängen von den Temperaturunterschieden der Luft in verschiedenen Gegenden ab. Wir wissen, daß die Luft durch die Wärme sich sehr stark ausdehnt, also viel leichter wird. Nun befindet sich eines Theils über dem wärmeren Erdboden wärmere Luft, als hoch oben über demselben, dann über dem Aequator viel wärmere, als um die Pole. Dadurch wird nun eine

doppelte Bewegung der Luft veranlaßt, nämlich 1) an jedem einzelnen Orte steigt die auf dem Boden erwärmte und dadurch leichter werdende Luft gerade in die Höhe, und macht etwas kälterer und schwererer Luft Platz, der s. g. Courant ascendant; 2) findet eine ähnliche in großartigerem Maßstabe zwischen den Polen und dem Aequator Statt. — Was nun die übrigen in der Luft gefundenen Stoffe betrifft, so ist hier vor Allem der Wasserdampf zu nennen, der nach der Temperatur der Luft eine bestimmte Grenze erreichen kann, und eben von der Temperatur abhängig ist, sehr selten jedoch in solcher Menge in der Luft vorhanden ist, als sie ihrer Temperatur nach aufgelöst zu halten vermöchte. Bei 0° ist die größte Menge, welche in der Luft aufgelöst sein kann, dem Gewichte nach $^1/_{200\cdot000}$, bei 20° dagegen schon die vierfache Menge, nämlich $^1/_{50\cdot000}$. Daß namentlich durch Verdampfung von Flüssigkeiten, von Wasser, durch Verbrennungsprocesse u. s. f. eine große Menge von Stoffen in die Luft gelangen können, davon überzeugt uns oft unser Geruchsorgan und auch die Untersuchung des Regenwassers, welches aus der Luft niederfällt. Eine große Menge von mineralischen Stoffen sogar hat man im Regenwasser gefunden und da eine etwas raschere Verdunstung des Wassers Stoffe, welche sich in demselben aufgelöst befinden, mit in die Höhe fortreißt, so dürfen wir uns nicht wundern, wenn vielleicht später alle Stoffe, die sich im Meerwasser finden, einmal noch in der Luft nachgewiesen werden, in die sie eben mit dem Wasserdampf, der sich aus dem Meere entwickelte, gelangen können.

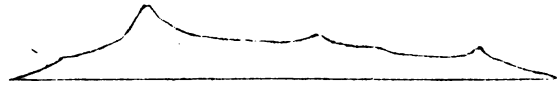
5) zu S. 141. Um den mittleren Wasserstand einer Küste zu finden, der dann als Basis für alle weiteren Messungen gilt, bedarf es, ähnlich wie bei Flüssen, lange Zeit fortgesetzter Beobachtungen. Auch abgesehen von den Winden, die bei langem Wehen gegen das Land zu die Wasser um mehrere Fuß hoch an der Küste aufstauen, ist es namentlich die Ebbe und die Fluth, welche die Ermittlung desselben sehr erschwert, indem die letztere an manchen Küsten selbst 60—70 Fuß, wie in Acadien, ansteigt. (Humboldt's Kosmos I. 325.) Die Differenzen, welche man zwischen verschiedenen Meeren nachgewiesen hat, sind theils so unbedeutend, daß sie noch zweifelhaft erscheinen, theils aus Winden, Meeresströmungen u. dgl., welche das Wasser des einen Meeres an den Küsten aufstauen, erklärlich. Die auf A. v. Humboldt's Veranlassung vorgenommene Messung zwischen dem großen Ocean und dem antillischen Meere ergab, daß das letztere höchstens um $3^2/_5$ Fuß tiefer liege, als das erstere, ja daß zu verschiedenen Stunden, je nach Ebbe und Fluth, bald das eine, bald das andere tiefer liege. (Kosmos I. 476.) — In der neuesten Zeit haben die genauesten Untersuchungen alle die früher behaupteten Ungleichheiten bedeutend geringer dargestellt, als man früher glaubte. Die größte früher angenommene Differenz sollte zwischen dem rothen Meere und dem mittelländischen Statt finden, die nach dem Nivellement französischer Physiker 1799 bis 30 Fuß betragen sollte. Neuerdings wurde diese Arbeit abermals mit der größten Sorgfalt vorgenommen, und wiederholt als Unterschied nur 0,41 Toisen, also nicht einmal ganz 3 Fuß gefunden! — Die größte jetzt noch angenommene Differenz zwischen Nordsee und Ostsee um 8 Par. Fuß ist nach älteren Nivellirungen am Holsteiner Kanal bestimmt, jedoch nicht zuverlässig in ihrem Betrage. Die genauesten Messungen haben also bis jetzt stets eine Verminderung der früher angenommenen Differenzen ergeben, und dieselben so unbedeutend erscheinen lassen, daß sie als locale Ausnahmen gar nichts Befremdliches mehr haben. Alle Notizen über diesen Gegenstand hat K. v. Littrow in einem Vortrage mitgetheilt, der in den Sitzungsberichten der K. K. Academie der Wissenschaften, Novemberheft 1853, enthalten ist. — Eine andere Ursache geringer Niveauunterschiede liegt in den Verdunstungsverhältnissen, und in der Form der Meere. Ein verhältnißmäßig schmales Meer, wie die Ostsee, das noch dazu sehr viel Zufluß von dem Lande her erhält, mehr als in demselben verdunstet, verhält sich daher wie eine Art von sehr breitem Strom, der den Ueberschuß von Wasser in die Nordsee ergießt. Sollte wirklich die Ostsee im finnischen und bottnischen

Meerbusen ein höheres Niveau haben, als die Nordsee, so mag eben dadurch sich diese Ungleichheit erklären lassen.

6) zu S. 142. Je genauer man die ganze Oberfläche eines Landes kennt, desto genauer ist auch natürlich eine derartige Berechnung vorzunehmen. Es sei z. B. a a die Oberfläche des Meeres, b b das Relief eines Landes darüber, so denkt man sich dasselbe in lauter einzelne Prismen zerlegt, wie es die Figur angiebt, aus deren bekannter Grundfläche und Höhe man (durch Multiplication derselben) leicht den körperlichen Inhalt der einzelnen Prismen und durch deren




Summirung den Inhalt des ganzen Continentes findet. Eine solche Berechnung ist natürlich äußerst mühsam und mit Genauigkeit fast nur für Europa durchzuführen. Es hat sich jedoch dabei ergeben, was auch im Voraus höchst wahrscheinlich war, daß die geringen Unregelmäßigkeiten der Bergketten und deren zerrissene Formen von wenig Einfluß auf das allgemeine Resultat sind, daß man die Continente alle dabei ansehen kann, als aus verschiedenen Abstufungen von terrassenförmig übereinander liegenden Ebenen, auf welchen die Gebirge wie dreiseitige liegende Prismen aufgesetzt erscheinen, deren Basis und absolute Höhe man nur zu kennen braucht, deren übrige Unregelmäßigkeiten, Zerspaltung in einzelne Berge u. s. w., von äußerst geringem Einflusse sind.



Man kann, namentlich die größeren Continente im Großen betrachtet, etwa auf die obige Figur bei der Berechnung reduciren, wobei dann viel weniger Höhenangaben nöthig sind, als man früher glaubte. Die geringeren Vertiefungen und Erhöhungen gleichen sich meist gegenseitig aus, es ist nur eine durchschnittliche Höhe der verschiedenen Hochländer und Ebenen für die Berechnung nöthig. Wie gering wirklich die Masse der ganzen Gebirge eigentlich ist, sieht man aus der genauen, für Frankreich angestellten Berechnung. Wenn man die Pyrenäen ganz außer Acht läßt, so erhält man eine mittlere Höhe von 156 Meter, berechnet man nun die Pyrenäen noch dazu, so wird die mittlere Höhe nur um 35 Meter erhöht. — Hat man auf diese Weise das Gesammtvolumen eines ganzen Continentes gefunden, so ist es sehr leicht, die mittlere Höhe desselben anzugeben. Man darf nämlich nur die Zahl dieses Gesammtinhaltes mit der Zahl des bekannten Flächeninhaltes dividiren. Hätte ich z. B. für ein Land von 80,000 Quadratmeilen Flächeninhalt als Gesammtvolumen 8000 Kubikmeilen gefunden, so würde dies $1/10$ Meile, also circa 2200 Fuß mittlere Höhe ergeben.

7) zu S. 146. Die Angaben der einzelnen Beobachter stimmen nicht genau über den Grad der größten Dichtigkeit des Meerwassers überein; alle haben ihn jedoch unter Null gefunden. Nach Marcet ist es bei — 5,5° C. am dichtesten, nach Bischof bei — 4,75° C., nach Erman bei — 3,8° C., nach C. de Beaumont's Angabe bei — 2,67° C.

8) zu S. 148. Insoferne findet ebenfalls eine Verschiedenheit in den Temperaturschwankungen zwischen dem festen Boden und dem Wasser Statt, als die Sonnenstrahlen viel tiefer in das Wasser eindringen, dasselbe als einen, wenn auch nicht vollkommen durchsichtigen Körper daher in geringerem Grade aber bis zu einer ziemlichen Tiefe hinab erwärmen, während bei dem festen Boden nur die Oberfläche direct von der Sonne getroffen wird, sich viel höher erhitzt und die tieferen Schichten die Wärme nur durch Leitung von den oberen

erhalten. Die durchsichtigen Körper haben nämlich die Eigenschaft, die Wärme ebenso gut wie das Licht durchzulassen. Stellt man z. B. ein Glas reines Wasser in die Sonne, und daneben ein anderes, das man durch einen davorgehaltenen Körper vor den Strahlen schützt und im Schatten hält, so bemerkt man, daß auch bei langem Stehen das den Sonnenstrahlen ausgesetzte Wasser kaum merklich wärmer ist, als das andere. In demselben Maaße nun, als man das Wasser trübt und undurchsichtiger macht, wird es auch immer wärmer, wenn man es der Sonne aussetzt. Ist eine geringe Menge Wassers über dem Boden eines Teiches oder Sees, so erwärmt sich der undurchsichtige Grund und von ihm aus erhält dann die ganze Wassermasse Wärme, wie von dem Boden eines Kessels, unter dem Feuer angemacht ist. — Daß das Wasser, auch das klarste, nicht vollkommen durchsichtig ist, davon hat sich gewiß Jeder überzeugt, der auf einer tiefen Wassermasse gefahren ist, und auch bei vollkommen ruhiger Oberfläche doch den Grund nicht hat sehen können. — So weit das Licht nun eindringt, dringt auch die Wärme ein. Man hat gefunden, daß schon in einer Tiefe von 150 Fuß die Sonne nur noch wie der Vollmond so hell erscheint, noch tiefer hinab verliert sich allmälig alles Licht und in einer Tiefe von 2—300 Fuß, die nach der Reinheit des Wassers wohl verschieden sein mag, herrscht auch bei ruhiger Oberfläche nur noch ein ganz schwaches Dämmerlicht, und die Wärme, die dort entsteht, ist in demselben Verhältnisse geschwächt. Bei bewegter Oberfläche des Wassers dringt weder Licht noch Wärme so tief ein oder höchstens nur in Zwischenräumen, wenn eben die Gestaltung der Wellenfläche gerade eine solche ist, daß die Sonnenstrahlen nicht abgelenkt oder gebrochen werden.

[9]) zu S. 149. Im Ganzen sind auch die Temperaturuntersuchungen über das Meerwasser ziemlich spärlich. Es ist hier natürlich nicht möglich, Jahre lang an einem Punkte der hohen See Beobachtungen in verschiedenen Tiefen anzustellen und man muß dieselben mühsam aus gelegentlichen Einzelbeobachtungen zusammentragen. Lenz hat dies gethan für die nördliche Hälfte des atlantischen Oceans. Nach ihm findet sich z. B. eine submarine Isotherme von $14\frac{1}{2}^0$ C., welche deutlich den Einfluß jener Strömung erkennen läßt. Die im Texte angegebenen Zahlen sind aus seiner Zusammenstellung. Sie findet sich in Poggendorff's Annalen, Erg.-Bd. II. 543.

# Achtes Kapitel.

Schlüsse aus den bisher betrachteten Erscheinungen auf den Urzustand der Erde und deren Ausbildung. Streit zwischen den sogenannten Neptunisten und Plutonisten. Widerlegung des Neptunismus.

In den bisherigen Kapiteln haben wir uns bloß an Thatachen und Erscheinungen gehalten, Resultate der Naturforhung mitgetheilt, über die keinerlei Differenz unter Naturforschern ittatt findet und Statt finden kann, eben weil sie alle Gegenstand r reinen Beobachtung sind. Ganz anders verhält es sich jedoch Beziehung auf die Erklärung dieser Beobachtungen, auf die chlüsse, die wir aus den Thatsachen ziehen und auf die Urchen, welche wir den Erscheinungen zu Grunde liegend anhmen. Hier ist man vor Täuschungen und Fehlschlüssen nicht her, und die Erfahrung hat nur zu oft gelehrt, daß aus den htigsten Beobachtungen die unrichtigsten Schlüsse gezogen worden d. So verhält es sich auch in Beziehung auf die Erklärungen d Schlüsse, welche die bisher angeführten unbestrittenen Thatchen nach sich gezogen haben, wie wir schon ein solches Beispiel i der Frage, ob das Meer sinke oder das Land sich hebe, kennen lernt haben. Wir finden, daß sich zwei große Partheien gebildet ben, die sich sehr schroff in ihren Ansichten über die Deutung r bisher erörterten Erscheinungen gegenüberstehen. Beide gehen, s Gebiet der objectiven Beobachtung verlassend, noch einen Schritt sammen, dann aber immer weiter und weiter auseinander. Beide mmen nämlich noch darin überein, daß, um die Gestalt der Erde, e Abplattung, zu erklären, keine andere Annahme möglich bleibe, s die, daß die Erde in ihren frühesten Zeiten nicht starr und t, wie jetzt, sondern bis zu einem gewissen Grade flüssig ge-

wesen sein müsse. Wir haben oben (p. 29) gesehen, wie genau die wirklich gemessene Abplattnng der Erde mit der unter Voraussetzung eines ursprünglich flüssigen Zustandes berechneten übereinstimmt. Nun kennen wir aber nur zwei Möglichkeiten, um einen Körper in den flüssigen Zustand zu bringen. Entweder wir lösen ihn in einem anderen flüssigen Körper auf, wie z. B. ein Stück Zucker in Wasser, oder wir bringen ihn durch Wärme zum Fließen, wir schmelzen ihn. Diese zwei Möglichkeiten sind nun auch für die Erde von zwei verschiedenen Partheien als Ursache ihrer Flüssigkeit angenommen worden. Die eine Parthei behauptet, Wasser sei es gewesen, das die Gesteine der Erde theils aufgelöst, theils so durchdrungen habe, daß dadurch ein gallertartiger, Beweglichkeit den einzelnen Theilchen gestattender Zustand herbeigeführt worden sei. Von Neptun, dem Meergotte, haben sie den Namen Neptunisten erhalten. Die anderen dagegen behaupten, in einem durch Hitze geschmolzenen Zustande habe sich früher die Erde befunden, und zeige noch in ihrem Inneren diese Beschaffenheit. Diese haben den Namen Plutonisten oder Vulkanisten bekommen.

Wir wollen diese beiden Theorien etwas näher betrachten und mit der älteren, der neptunistischen, den Anfang machen. Wir haben schon im ersten Kapitel p. 3 erwähnt, daß der bei weitem größte Theil der Erdrinde deutlich erkennen läßt, daß er im Wasser und durch Wasser entstanden sei, eine Beobachtung, die so alt ist, daß man auch schon in den frühesten Zeiten weiter schloß, wie die Erdrinde, so möchte sich der ganze Erdkörper aus dem Wasser herausgebildet haben. Sehr bald sah man jedoch ein, daß diese Theorie wesentlich modificirt werden müsse, daß namentlich von einer eigentlichen Auflösung der Gesteine keine Rede sein könne, indem eben ein sehr großer Theil derselben so gut als gar nicht von Wasser aufgelöst werden kann, daß jedenfalls die Menge Wassers, welche auf der Erde ist, unmöglich dazu hinreichend sein könne. Die neptunistische Theorie wurde nun deßhalb von J. N. v. Fuchs wesentlich modificirt. Nach ihm*) war nur ein Theil der Erde wirklich aufgelöst, der andere in

*) Ueber die Theorien der Erde ꝛc. München 1844. Seiner Theorie folgte A. Wagner in seiner „Geschichte der Urwelt."

„festweichem", d. h. von Wasser durchdrungenem und dadurch eine gewisse Beweglichkeit der Masse gestattendem Zustande, aus dem später die Gesteine in den festen, mit Ausscheidung des Wassers übergingen. Auch nach dieser Theorie ist es also das Wasser, welches den ganzen Erdkörper in einen weichen, wenigstens nachgiebigen Zustand versetzt hat. Man erspart damit freilich sehr viel Wasser im Vergleich mit der ursprünglichen neptunistischen Theorie. Wir wollen nun etwas näher zusehen, ob wir aber nur soviel Wasser haben, als auch dieser Theorie nach nothwendig auf der Erde vorhanden sein muß. Wie viel *brauchen* wir nach dieser Theorie Wasser und wie viel *haben* wir Wasser?

Wir wollen uns nur an einige wenige Beispiele halten, um zu zeigen, wie bei einer nur etwas ruhigen Prüfung der wirklich gegebenen Verhältnisse jene Theorie als absolut unhaltbar sich zeigt, oder zu den lächerlichsten Annahmen führt. Nach einem „mäßigen" Anschlage von G. Bischof ist die Menge des kohlensauren Kalkes *) in der Erdrinde so groß, daß sie etwa eine 1000 Fuß dicke Schale bilden würde. Nach v. Fuchs war der Kalk aber aufgelöst im Wasser. Um diese gegen die ganze Erde verschwindende Masse Kalkes aufzulösen, ist aber schon eine Wassermasse nöthig, die 100 Meilen tief die ganze Erde bedecken würde! [1]) Ja selbst nur der Kalk, der sich in dem Theil der Erdrinde befindet, welcher gegenwärtig Festland ist, verlangt, unter der obigen Voraussetzung, daß er eine 1000 Fuß dicke Schichte bildet, noch immer eine Wassermasse, welche die ganze Erde 25 Meilen tief bedecken würde, ein Meer, das überall 550,000 Fuß tief sein müßte! In Südamerika finden sich Schiefergesteine in einer Flächenausdehnung von 24,000 geogr. □Meilen, und einer durchschnittlichen Dicke von 2000 Fuß. Nehmen wir an, daß sie in Wasser aufgelöst gewesen seien, so würde dazu wenigstens eine Wassermasse von 155,000 Fuß Tiefe über die ganze Erdoberfläche nöthig sein [2]).

Doch wir wollen davon ganz absehen, wir wollen die neptunistische Theorie in weiterer Ausdehnung, als irgend ein Neptunist selbst, voraussetzen, wir wollen zugestehen, es sei *gar nichts aufgelöst* gewesen, es sei *Alles, die ganze Erdmasse, nur von Wasser durchdrungen* und dadurch in „festweichem"

*) Unser gewöhnlich „Kalk" genanntes Gestein ist kohlensaurer Kalk.

Zuſtande geweſen. Wie viel wäre dazu Waſſer nöthig? Wir haben viele mineraliſche Beſtandtheile, die, von Waſſer durchdrungen, eine knetbare, nachgiebige Maſſe darſtellen, durch daſſelbe, wie man ſich ausdrückt, „plaſtiſch" werden, eine gewiſſe Beweglichkeit ihrer Theilchen geſtatten, wenn etwas auf ſie einwirkt, und doch nicht leicht ihren Zuſammenhang verlieren. Das bekannteſte Beiſpiel hiefür liefert der Thon, aus dem ſo vielerlei dieſer Eigenſchaft wegen geformt wird. Ihm kommt dieſelbe im höchſten Grade zu, er braucht am wenigſten Waſſer um „feſtweich" zu ſein, und wir wollen nun annehmen, die ganze Erdmaſſe habe früher denſelben hohen Grad der Plaſticität wie Thon beſeſſen *). Wie müßte dann das Verhältniß des Waſſers zum Feſten ſein? Läßt man Thon langſam an der Luft austrocknen und wartet ſo lange, bis er die Eigenſchaft, knetbar zu ſein, faſt vollkommen verloren hat und unterſucht, wieviel er in dieſem Zuſtande Waſſer hält, ſo findet man, daß die Menge deſſelben dem Gewichte nach noch 12% beträgt [3]). Das ſpecifiſche Gewicht der Erde iſt das 5½fache von dem des Waſſers. Wollen wir nun wiſſen, wie viel dem Volumen, dem Raume nach Waſſer vorhanden ſein muß, um die ganze Erde in feſtweichen Zuſtand zu ſetzen, ſo muß offenbar die Procentzahl des Waſſers dem Gewichte nach mit 5½ multiplicirt werden. Denn es iſt einleuchtend, daß wenn 100 Pfund der feſtweichen Maſſe 12 Pfund Waſſer brauchen, 100 Kubikfuß der feſten Erdmaſſe, die ja 5½mal ſoviel Gewicht haben, als 100 Kubikfuß Waſſer, auch 5½mal ſoviel Waſſer dem Raume nach brauchen. Nehmen wir der einfacheren Rechnung wegen an, die Maſſe brauche nur 10% Waſſer, das ſpecifiſche Gewicht der Erde ſei nur 5 — beide Annahmen noch zu Gunſten des Neptunismus — ſo müßte dem Volumen nach das Waſſer gerade die Hälfte der Erdkugel bilden (denn 10% des Waſſers dem Gewichte nach nehmen einen 5mal größeren Raum ein, als die feſte Maſſe, ſind alſo = 50% dem Raume nach). Auf der Oberfläche der Erde befindet ſich aber, wie wir pag. 143 gefunden haben, nur 1/578 des Erdvolumens an Waſſer. Wir müſſen es den Neptuniſten über-

*) Auch die in den Geſteinen eine ſo große Rolle ſpielende Kieſelſäure hat in einer beſtimmten Modification die Fähigkeit, mit Waſſer eine Gallerte zu bilden. Sie enthält jedoch dann viel mehr Waſſer als Thon, ſo lange ſie feſtweich bleiben ſoll.

laſſen, den Widerſpruch ihrer Theorie mit der Beobachtung aufzuklären und zu ſuchen, wo denn die Menge Waſſers — ſie würde ein Meer von 399 geogr. Meilen Tiefe auf der Oberfläche rings um die ganze Erde bilden — hingekommen ſei.

Doch wir wollen dieſe Frage vor der Hand noch unberührt laſſen, annehmen, es ſei wirklich ſo viel Waſſer vorhanden, die Erde wirklich einſt in einem feſtweichen gallertigen Zuſtande geweſen. Was mußte dann eintreten? Darauf finden wir folgende Antwort bei Fuchs*): „Die Gebirgsbildung begann mit der Kieſelreihe, und dieſe erſtreckt ſich bis auf die neueſte Zeit. Es fing damit, ſo zu ſagen, das Leben der Erde an, indem die Kryſtalliſationskraft erwachte.... Ruhig mußte das Waſſer vorzüglich in der erſten Zeit geweſen ſein, wo es noch durch die feſtweiche Maſſe gleichſam gefeſſelt war. Erſt nachdem ein großer Theil von dieſer kryſtalliſirt war, bekam es mehr Freiheit und konnte durch die Luft in Bewegung geſetzt werden. Die ganze Reihe der Kieſelgeſteine — Granit, Gneiß, Glimmerſchiefer, Thonſchiefer ꝛc. — bildete ſich auf dieſe Weiſe, deren Reihe bis in die Sandſteinbildung ſich fortſetzt.“ Wir wollen auch dieſe Bildung der Geſteine vor der Hand zugeben, wir fragen dann nur den Neptuniſten, wie ſich denn auf dieſe Weiſe Land, Feſtland habe bilden können? Wenn wir jetzt irgend einen chemiſchen Niederſchlag, eine Kieſelgallerte in einer Schale ſich überlaſſen, in demſelben Zuſtande, wie im Anfange die Erde als eine vorwaltende Kieſelgallerte war, ſo wird dieſelbe nach und nach auch feſter, zieht ſich zuſammen, das „gleichſam gefeſſelte Waſſer“ wird ausgetrieben, ſteht aber dann über der feſten Maſſe, bedeckt dieſelbe vollkommen. Es iſt dies ein Verſuch, der leicht anzuſtellen iſt und immer daſſelbe Reſultat hat und haben muß, da eben die kieslige Maſſe 2½mal ſo ſchwer wie Waſſer iſt. War die Erde eine ſolche gallertige Maſſe, ſo mußte ebenfalls das Waſſer die oberſte Stelle einnehmen, das Meer die ganze Erde bedecken; die Entſtehung von Feſtland iſt auf dieſe Weiſe unbegreiflich, unerklärlich. Wir wollen aber noch weiter gehen, wir wollen annehmen, das Waſſer ſei auf irgend eine unbekannte Weiſe abhanden gekommen, es ſei wirklich früher über die ganze Erde verbreitet geweſen, habe die ganze Erde be-

*) Ueber die Theorien der Erde ꝛc. p. 10 und 11.

deckt — und die Erscheinung der höchsten Gebirge zeigt uns auch, daß sie wirklich einst vom Wasser bedeckt waren — und sei nach und nach immer tiefer zu dem jetzigen Stande des Meeres gesunken, und immer mehr Land auf diese Weise aus dem Wasser in's Trockne gekommen, so reicht auch dieses Zugeständniß noch nicht aus, um die Verhältnisse, wie wir sie auf der Erdoberfläche sehen, begreiflich zu finden, auch damit kann der Neptunist nicht die Erscheinungen erklären. Wir sehen nämlich sehr deutlich, daß ein und dieselbe Gegend der Erde in früheren Zeiten bald Festland, bald von Wasser bedeckt war, daß ein mehrfacher Wechsel in dieser Beziehung Statt gefunden hat. Mit der Annahme eines allmählichen Sinkens des Wassers auf der Oberfläche der Erde reichen wir also nicht aus, das Wasser muß mehrfach gesunken, dann wieder gestiegen, verschwunden, wieder gekommen sein, ohne daß sich hiefür irgend ein Grund angeben ließe. Aber selbst damit ist der neptunistischen Theorie nicht geholfen, selbst mit dieser Annahme des mehrfachen Wechsels von Steigen und Fallen des Wassers gewinnt sie noch nichts zur Erklärung der Landbildung. Dem „beweglichen Elemente" Wasser werden von den Neptunisten noch ganz andere Eigenschaften zugeschrieben. Es muß nicht nur kommen und gehen, man weiß nicht woher und wohin? es muß auch Jahrtausende hindurch mauerartig stehen geblieben sein, wenn man in dem beweglichen Elemente des Wassers den Grund davon mit Wagner finden will. Betrachten wir z. B. das Rheinthal von Mainz abwärts, so sehen wir, daß es großentheils mit den anliegenden Gegenden und Bergreihen — Eifel, Hundsrück, Ardennen ꝛc. — von der Grauwackenformation, einer der allerältesten, gebildet wird, und nach deren Ausbildung Festland geblieben ist. Es findet sich nämlich keine neuere, jüngere Meeresbildung, keine Spur von späterer Meeresbedeckung daselbst. Wie verhält es sich nun in den benachbarten Gegenden? Gleich an den Vogesen, am Schwarzwald treffen wir viel jüngere, spätere Meeresbildungen, 3000 Fuß über dem unteren Rheinthale gelegen, an. Die Gegend des Schwarzwaldes und der Vogesen war also so lange in viel späteren Zeiten von einem Meere bedeckt, daß sich aus demselben der sogenannte bunte Sandstein und zwar in einer Dicke von circa 1200 Fuß über den älteren Gebilden niederschlagen konnte. Der Grund dieses ehemaligen Meeres befindet sich aber gegen-

wärtig 3000 Fuß über dem Rheinthale, über dem offenbar jenes Meer nicht geſtanden iſt. Was hat nun das Meer davon abgehalten, ſich über das Rheinthal zu ergießen? Oder welche Annahme bleibt dem Neptuniſten noch übrig, dieſe Erſcheinung zu erklären, wenn die wechſelnden Verhältniſſe im Stande des Meeres es ſein ſollen, welche ſie hervorbrachten?[4]) Er könnte etwa annehmen, daß neben dem Sinken des Meeres auch ein Sinken des Landes Statt gefunden hat, daß einzelne Theile deſſelben ſtärker geſunken ſeien als andere, daß alſo, um bei unſerem Beiſpiele zu bleiben, das Rheinthal mit ſeinen Grauwackengebilden früher höher geweſen ſei, als Schwarzwald und Vogeſen, und dann ſpäter ſich herabgeſenkt habe zu dem Niveau, das es jetzt einnimmt. Dann muß man aber auch annehmen, daß früher die älteſten Gebilde die am höchſten gelegenen geweſen ſeien und jedes ältere einmal früher ein höheres Niveau gehabt habe, als die jüngeren, welche ſich in ſeiner Nähe und nicht auf ihm befinden, und ſpäter ſtärker ſich geſenkt habe, als dieſe. Nun finden wir aber ſonderbarer Weiſe gerade auf den höchſten Höhen der Anden und des Himalaya verhältnißmäßig ſehr neue Gebilde, gerade die älteren ſind es nicht, welche die höchſten Höhen der Urgebirge überlagern. Der Neptuniſt, der aus theilweiſen Senkungen der Erdrinde dieſe auffallenden Erſcheinungen erklären will, muß annehmen, daß die älteren, tiefer liegenden Gebilde früher höher als jene gelegen ſind. Wenn wir z. B. einen großen Theil Braſilien's von den älteſten Schiefern gebildet ſehen, auf denen keine jüngeren Meeresbildungen aufgelagert ſind, in den hohen Anden dagegen viel jüngere derartige Bildungen in großer Mächtigkeit entwickelt antreffen, daraus alſo ebenfalls entnehmen müſſen, daß Braſilien Feſtland war, während die Anden Meeresgrund bildeten, ſo müſſen wir, wollen wir es durch eine Senkung des Landes erklären, ebenfalls wieder annehmen, daß früher die Oberfläche Braſilien's, ſoweit ſie von den älteren Schiefergebilden bedeckt iſt, höher gelegen war, als die Oberfläche des Meeres, auf deſſen Grund ſich jene neueren Niederſchläge, die wir auf den Anden antreffen, gebildet haben, und ſpäter erſt um ſo viel bedeutender geſunken ſei, daß es jetzt um mehr als 10000 F. tiefer liegt als der Grund jenes Meeres. Welche Gewalt hat denn aber dann früher jene ungeheueren Länderſtrecken in jener bedeutenden Höhe erhalten? Wie kommt

es, daß trotz solcher bedeutenden Senkungen des Landes doch die Menge desselben im Verhältnisse zur Oberfläche des Meeres zugenommen hat? Das Alles sind Fragen, auf welche der Neptunist die Antwort schuldig bleibt.

Das bisher Erörterte allein möchte schon genügen, die neptunistische Theorie in ihrer vollkommenen Unhaltbarkeit darzustellen. Sie kann keine der auf der Erde beobachteten Erscheinungen in der Zusammensetzung der Erdrinde erklären, ohne zu den willkürlichsten Annahmen ihre Zuflucht zu nehmen, sie ist nicht im Stande, die Möglichkeit, daß überhaupt festes Land existire, darzuthun und führt zu der Annahme, daß die Menge des Wassers die Hälfte der Erdmasse ausmachen muß, eine Annahme, die mit der Beobachtung im schreiendsten Widerspruche steht. Es ist dies aber nicht das Einzige, was sie so unhaltbar erscheinen läßt. Sie führt geradezu zum Läugnen von entschiedenen Thatsachen oder muß auch diese unerklärt lassen, indem alle ihre Erklärungen unzureichend sind, wie wir sogleich betrachten werden. Hierher gehören vor Allem die Temperaturverhältnisse des Erdkörpers und die vulkanischen Erscheinungen. Wir wollen mit ersteren beginnen, und zwar zunächst mit den directen Temperaturbeobachtungen in Bergwerken und artesischen Brunnen. Daß die Wärme mit der Tiefe zunehme, ist eine Thatsache, die von Niemanden gegenwärtig, wo sich die Beobachtungen über alle Länder aller Zonen erstrecken, geläugnet wird. Von neptunistischer Seite hört man nun, es sollte die Zunahme der Temperatur in den Bergwerken davon herrühren, daß die vielen Menschen mit Lichtern in den engen Räumen die Temperatur erhöhten. Daß dieselben nicht ohne Einfluß sind, ist sehr natürlich, daß sie aber nicht die alleinige Ursache der Temperaturzunahme sind, geht schon einfach daraus hervor, daß die Temperaturzunahme durchaus nicht im Verhältnisse zu der Zahl der Arbeiter in den Gruben stehe, sondern constant mit der Tiefe zunehme und daß nur die Schwankungen in der Temperatur von jenen herzuleiten sei. Sowohl von Reich, als in den preußischen Bergwerken wurden die Thermometer, namentlich die tieferen, in solche Räume gebracht, wohin keine Arbeiter gelangten, und zeigten eben deswegen fast gar keine Schwankungen, und alle constante, mit der Tiefe zunehmende Temperaturen [5]). — Alle diese Einwände fallen überdies ganz weg bei den Beobach-

tungen in den Bohrlöchern der arteſiſchen Brunnen, wohin weder Menſchen noch Lichter kommen und wo ebenfalls eine ganz conſtante Zunahme der Temperatur mit der Tiefe ohne irgend eine Ausnahme ſich zeigt. Woher rührt denn da die Temperaturzunahme?

Gehen wir ferner auf die heißen Quellen und die Vulkane, ſo leuchtet es von ſelbſt ein, daß bei dieſen von gar nichts der Art die Rede ſein kann und daher haben ſich auch die Neptuniſten von jeher nach allen möglichen anderen Erklärungsweiſen umgeſehen, die wir nun betrachten wollen.

Chemiſche Proceſſe, im Innern der Erde im großartigſten Maßſtabe vor ſich gehend, ſollten die hohe Temperatur den heißen Quellen mittheilen, überhaupt von unten her die Erde erhitzen. „Auch die heißen Quellen zwingen keineswegs zur Annahme eines Centralfeuers, da das durch alle Klüfte und Ritzen des Erdinnern durchſickernde Waſſer mit einer Menge Stoffe in Berührung kommt, mit welchen es chemiſche Proceſſe einleiten und dadurch Wärme entwickeln wird, die zu bedeutendem Grade aufſteigen kann" *). Es beruht dieſer Erklärungsverſuch auf der ganz richtigen Beobachtung, daß überall, wo chemiſche Verbindungen neu entſtehen, dieſe Verbindung von einer mehr oder weniger bemerkbaren Wärmeentwicklung begleitet iſt. Daß aber dieſe chemiſchen, in der Erdrinde durch Vermittlung des Waſſers vor ſich gehenden Proceſſe es nicht ſind, welchen die heißen Quellen ihre Wärme verdanken, das geht einfach aus dem Umſtande hervor, daß die Wärme und die chemiſchen Beſtandtheile der Quellen, Produkte der chemiſchen Proceſſe, von denen die Wärme abhängen ſoll, in gar keinem Verhältniſſe zu einander ſtehen. Wenn nämlich das Waſſer in ſeiner Berührung „mit einer Menge Stoffe", mit welchen es chemiſche Proceſſe einleiten und dadurch Wärme entwickeln kann, ſich erwärmt, ſo muß die Wärme der Quellen am höchſten ſein, deren Waſſer das Zuſtandekommen dieſer Proceſſe am intenſivſten zeigt, die an chemiſchen Verbindungen reichſten Quellwaſſer müßten die wärmſten, die daran ärmſten die kälteſten ſein. Dem widerſpricht aber die Erfahrung auf das allerentſchiedenſte, die eben zeigt, daß gerade die an chemiſchen Verbindungen ärmſten Quellen

*) A. Wagner, Geſchichte der Urwelt. p. 52.

unter den heißeſten ſind, und umgekehrt an chemiſchen Verbindungen ſehr reiche, ganz kalt [6]). — Wenn man überhaupt die im Mineralreiche möglichen chemiſchen Proceſſe betrachtet, ſo findet man, daß in keinem der bekannten die Quelle der Erdwärme liegen kann, indem mit allen dieſen Proceſſen Nebenerſcheinungen unzertrennlich verbunden ſind, welche uns das Vorhandenſein derſelben in dem Grade, als es zur Erzeugung der Erdtemperatur nöthig wäre, unzweifelhaft anzeigen würden. Da dieſe Erſcheinungen aber nicht vorhanden ſind, ſo können wir auch nicht das Vorhandenſein jener Proceſſe annehmen. Mit dem bloßen Wort „chemiſche Proceſſe" heizt man die Erde nicht; ſo lange nicht ein beſtimmter chemiſcher Vorgang nachgewieſen wird, der die Wärme der Quellen und der Erdrinde erzeugt, kann man es Niemand zumuthen, bei dieſer Erklärung ſich zu beruhigen, um ſo mehr, als alle bekannten, wirklich vor ſich gehenden chemiſchen Proceſſe jene Wärme nicht erzeugen, mit ihr in keinem Zuſammenhange ſtehen [7]).

Man hat auch allerlei *phyſikaliſche* Proceſſe zu Hülfe genommen, da die chemiſchen nicht ausreichten, um jene Wärmeerſcheinungen zu erklären, aber mit ebenſo wenig Erfolg. Zu einer Zeit, wo Galvanismus das große Loſungswort war, kam man gar darauf, die Erde zu einer ungeheueren galvaniſchen Batterie zu ſtempeln. Man fand nämlich durch genaue Unterſuchungen, daß je zwei verſchiedenartige Körper in einem electriſchen Gegenſatze zu einander ſtünden und in Berührung mit einander, wie eine Kupfer- und Zinkplatte, Electricität erregten. Man wußte ferner, daß zwiſchen den Polen einer aus ſolchen Plattenpaaren richtig aufgebauten Batterie ungeheuer hohe Hitzegrade erzeugt werden konnten. Man nahm nun an, daß die verſchiedenen Gebirgsſchichten die verſchiedenen Plattenpaare darſtellten und alſo eine coloſſale natürliche Batterie bildeten, deren Wirkung dann auch eine außerordentliche ſein müſſe. Wir wollen nicht fragen, in welcher Weiſe eine Anordnung dieſer Säule ſo möglich iſt, daß ſie wirkſam ſein kann *) — es gehören dazu Bedingungen, von denen es ganz undenkbar iſt, daß ſie im Innern der Erde erfüllt ſind — wir wollen nur fragen, wie denn

*) Wer je in einem Lehrbuch der Phyſik die Bedingungen nachgeleſen hat, die zur Conſtruction einer wirkſamen Säule erfüllt ſein müſſen, der wird es als die allerunglücklichſte Idee anſehen müſſen, auf welche man je zur Erklärung der Wärmeerſcheinungen des Erdkörpers gekommen iſt.

die Wirkung dieser Säule sein soll? Wer je eine galvanische Batterie betrachtet hat, der hat gewiß bemerkt, daß die Wirkung derselben auf sie selbst, mit Ausnahme der chemischen, die Electricität erregenden oder verstärkenden Processe, die also nicht von den rein galvanischen abhängen, nicht zu bemerken ist; die stärkste Batterie kann man in jedem ihrer Theile ganz ungenirt berühren, man wird nichts empfinden, sie bleibt von unveränderter Temperatur in allen ihren Theilen. Wie ist es nun möglich, daß die galvanische Batterie der Gebirgsschichten anders wirke, woher soll die Wärme innerhalb dieser Säule selbst kommen? Jede galvanische Säule erzeugt nur dann Wärme in einem Körper, wenn ihre beiden entgegengesetzt electrischen Pole oder Enden durch Leiter der Electricität so verbunden werden, daß eine Lücke zwischen beiden entsteht, und der zwischen beide eingeschobene Körper von dem Strome durchzogen wird. Eine solche Anordnung ist aber in der Erde ganz undenkbar und nirgends auch nur die entfernteste Aehnlichkeit einer solchen aufgefunden. Doch, wenn wir selbst zugeben wollten, irgendwo im Innern der Erde habe Neptun, seinen Anhängern zulieb, eine wirksame ungeheuere Batterie in Gang gesetzt, so gewinnen wir auch damit nichts, denn leider fehlt uns ebenfalls etwas, was nothwendig vorhanden sein müßte, wenn eine galvanische Batterie die Wärme erzeugen würde. Es ist nämlich eine bekannte Thatsache, daß eine der am raschesten und leichtesten erkennbaren Wirkungen einer galvanischen Batterie die ist, daß das Wasser in seine beiden Bestandtheile, Wasserstoff und Sauerstoff, zerlegt wird, und eine Batterie, welche die ganze Erde erhitzt, Quellen zum Kochen bringt, würde fortwährend Wasser zerlegen, wir würden Wasserstoff und Sauerstoff als die allergemeinsten Produkte in warmen Quellen antreffen müssen. Nun ist dies aber nirgends der Fall, in keiner heißen Quelle, aus keinem Vulkane hat man Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnisse, wie es zersetztes Wasser liefert, nachweisbar aufsteigen sehen; das einzige Beispiel, wo man Wasserstoff angetroffen hat, ist von Isländischen Fumarolen (cfr. p. 84) und hier rührt es ebenfalls nicht von galvanisch zersetztem Wasser her. Wir werden also wohl auch diese Erklärung der Temperaturverhältnisse der Erde als eine unrichtige und unmögliche ansehen müssen.

A. Wagner hat „das gleichwohl nicht zu läugnende Factum

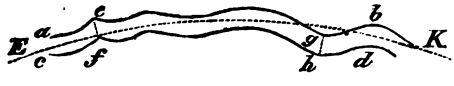
der Wärmezunahme in unterirdiſchen Höhlen" zu erklären, eine Deutung nach Prechtl, die auf einem phyſikaliſchen Geſetze beruht, verſucht. Es iſt nämlich eine bekannte Thatſache, daß eine beſtimmte Luftmenge, wenn ſie zuſammengepreßt wird und einen kleineren Raum einnimmt, Wärme frei werden läßt, und wärmer erſcheint. Einen häufigen Gebrauch machte man früher davon bei den ſogenannten pneumatiſchen Feuerzeugen. In einem hohlen metallenen, mit einem genau ſchließenden Stempel verſehenen Cylinder wurde die darin enthaltene Luft durch raſches Niederdrücken des Stempels auf einen ſehr kleinen Raum zuſammengepreßt. Wenn ſie ſo zuſammengepreßt war, daß ſie nur noch den fünften Theil des früheren Raumes einnahm, war ſie ſo heiß, daß ein auf dem Grunde des Cylinders ſich befindender Zunder oder Schwamm zu glimmen anfing. Wir wiſſen nun aus Kap. VII., daß jede tiefere Luftſchichte das Gewicht aller höheren zu tragen hat, von dieſen zuſammengepreßt wird, daher dichter iſt als alle höheren. Gehen wir daher von der Oberfläche der Erde auf einem Berge in die Höhe, ſo wird die Luft weniger dicht und ſchwer, und umgekehrt wird ſie immer dichter, wenn wir von der Oberfläche der Erde in die Tiefe, z. B. in einen Schacht eines Bergwerkes, hinabſteigen. Wenn nun mit der Dichte und dem Zuſammenpreſſen der Luft ihre Wärme zunehme, ſo laſſe ſich, meint A. Wagner, „die Temperaturerhöhung, wie ſie in allen Grubenbauen und arteſiſchen Brunnen nach Unten zu beobachtet wurde, völlig befriedigend erklären. Prechtl habe ja überzeugend dargethan, daß in der Atmoſphäre eine conſtante Wärmezunahme mit der Tiefe ſtattfinden müſſe, und ſo brauche man ſeine Zuflucht nicht zu einem Centralfeuer zu nehmen." Was wird wohl der aufmerkſame Leſer des Wagner'ſchen Buches zu dieſem Erklärungsverſuche ſagen, wenn er nur vier Seiten vorher eine Mittheilung Wagner's lieſt, die in einem ſo ſchreienden Widerſpruch mit dieſer Erklärung ſteht, daß man ſich wundert, wie ſie derſelbe, ohne dieſen Widerſpruch zu erwähnen, hinſchreiben konnte; p. 52 ſteht nämlich: „Nun aber hat Humboldt die Beobachtung gemacht, daß in den merikaniſchen Gruben von Quanaruato, die 4630 Fuß über dem Meeresſpiegel liegen, eine Temperatur von 29,4° R. beſteht, die alſo die mittlere des Aequators noch um 7° übertrifft, ja daß in der peruaniſchen Grube del Purgatorio bei einer Meereshöhe von 11200 Fuß noch

eine mittlere Temperatur von 15,68° gefunden wird." Der Druck der Atmosphäre ist aber in jenen ersten Gruben um circa 1/8 geringer, als auf dem Meere und doch die Temperatur um 7° höher! Also gerade das Gegentheil findet Statt von dem, was nach A. Wagner's „befriedigender Erklärung" Statt finden soll, die niedrigere Temperatur bei stärkerem Druck, statt daß die höhere Temperatur bei dem stärkeren Luftdrucke sein sollte. Bei den meisten Bohrlöchern und Bergwerken findet dieses Statt, daß sie größtentheils über der Meeresfläche sich befinden und auf ihrem Grunde selbst eine weniger stark gepreßte Luft haben, und doch eine höhere Temperatur als ein tiefer liegender Ort desselben Breitegrades, und wir können wohl sagen, daß nicht ein einziges Bohrloch oder Bergwerk Temperaturzunahmen zeigt, wie sie es jenem physikalischen Gesetze nach zeigen müßte, wenn die zunehmende Compression der Luft die zunehmende Wärme erzeugen sollte.

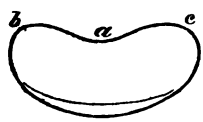
Sehr glücklich, davon werden sich die Leser überzeugt haben, waren bis jetzt die Neptunisten in ihren Erklärungsversuchen der betrachteten Erscheinungen nicht; vielleicht sind aber die Einwände, welche sie gegen die der Plutonisten machen, so gegründet, daß auch diese als unhaltbar sich zeigen und wir eben an allen Erklärungen bei dem jetzigen Stande der Wissenschaft verzweifeln müßten. Vor Allem müssen hier einige ältere Einwendungen erwähnt werden, die gegen frühere crude Vorstellungen mit Recht gemacht wurden. Man hat nämlich früher den Namen Centralfeuer zur Bezeichnung des im Innern der Erde herrschenden Gluthzustandes gebraucht und damit theilweise einen gar zu buchstäblichen Sinn verbunden. Daß von einem im Innern der Erde brennenden Flammenfeuer nicht die Rede sein kann, versteht sich von selbst, und kein Plutonist behauptet dies gegenwärtig. Was diese annehmen, ist einfach das, daß die Erde in ihrem Inneren aus geschmolzenen Massen bestehe, daß die Erde eine heiß flüssige Kugel sei, welche von einer erstarrten festgewordenen, allmählich namentlich durch Wasser, bedeutend veränderten Rinde umgeben sei. Die Temperatur, welche diese flüssige Masse hat, brauchen wir nicht höher als die der flüssigen Lava anzunehmen; von dem Punkte an, wo diese Hitze herrscht, kann die Temperatur bis zu dem Mittelpunkte der Erde vollkommen gleich sein, eine höhere anzunehmen, ist nicht nöthig und wird auch von den Plutonisten nicht

angenommen[8]). Man hat ferner eingewandt, wenn die Erde flüſſig geweſen ſei, und von außen erſtarrt wäre, ſo hätten die erſtarrten Maſſen unterſinken, wieder ſchmelzen müſſen, die Erde hätte ſich nicht mit einer Rinde überziehen können, ſondern hätte von innen heraus erſtarren müſſen. (Poiſſon.) Dieſen Einwand zu widerlegen iſt eine einfache Beobachtung jedes Lavaſtromes hinlänglich, der uns auf das deutlichſte zeigt, wie die geſchmolzene Erdmaſſe gegenwärtig noch von außen nach innen erſtarrt, indem ſie außen ſchon lange feſt geworden ſind, während die tiefere Maſſe noch fortfließt[9]). Als gegen den flüſſigen heißen Zuſtand des Innern ſprechend hat A. Wagner Folgendes eingewandt: „Wenn wirklich von einem Centralfeuer die Erdoberfläche erwärmt würde, ſo müßten die demſelben ferner liegenden Punkte geringere Temperaturen zeigen, als die näheren... Umgekehrt hätte man zu erwarten, daß die dem Centralfeuer näher liegenden Punkte der Erdoberfläche eine größere Bodenwärme zeigen müßten, als die ferneren." (p. 52. a. a. O.) Mit erſterer Vorausſetzung ſtünde aber im Widerſpruch die hohe Temperatur in hoch gelegenen Bergwerken, mit letzterer die große Kälte um die Pole. Dieſe beiden Einwände beruhen auf einer ſehr irrthümlichen Vorausſetzung und Vorſtellung über das Centralfeuer, die kein Plutoniſt hegt, weßhalb auch dieſe Einwände bei einer richtigen Vorſtellung gar nicht gemacht werden können. Dieſer Irrthum beſteht nämlich darin, daß ſich A. Wagner das Centralfeuer, oder, wie wir uns beſſer ausdrücken, die erwärmende Maſſe nur im Centrum denkt, oder wenigſtens als eine vollkommene Kugel; eine Vorſtellung von den plutoniſtiſchen Anſichten zu der ihn nichts berechtigt, die mit phyſikaliſchen Geſetzen unverträglich wäre, wie Folgendes einleuchtend machen wird. Nach der plutoniſtiſchen Anſicht war die Erde eine geſchmolzene, in Folge der dadurch vorhandenen Beweglichkeit ihrer Theilchen nothwendig ſich abplattende Kugel, welche nach und nach von außen nach innen erſtarrte. Nun wird es jedem Unbefangenen einleuchten, daß an den Polen die Abkühlung und in Folge deren das Feſtwerden der Rinde eher ſchneller erfolgen mußte als gegen den Aequator, aus dem einfachen Grunde, weil bei größerer Kälte ein heißer Körper ſchneller kalt wird, als bei geringerer. Die Rinde wird daher an den Polen nicht dünner, ſondern eher dicker ſein, als am Aequator, die Oberflächenpole werden alſo dem noch

geſchmolzenen Kerne in der Erde, welcher Hitze ausſtrahlt, eher ferner liegen, als die Oberfläche unter dem Aequator, wenn ſie ſchon dem Centrum der Erde ſelbſt näher liegen. Auf dem gleichen Irrthume beruht auch der andere Einwand, daß in den Bergen ebenfalls die Temperatur nicht ſo raſch zunehmen könnte, weil ſie ja ebenfalls weiter von dem Centralfeuer entfernt ſeien, als der Boden eines Thales. Auch hier iſt wieder Centrum der Erde und Sitz der inneren Wärme mit einander verwechſelt. Iſt — wie der Plutoniſt annimmt — die urſprünglich geſchmolzene Erde durch Erſtarrung von außen feſt geworden, ſo wird die Dicke der Rinde der Erde nach der Größe der Abkühlung ſich richten und die innere Fläche wird ſich nach der äußeren in ihren Unebenheiten richten. Iſt daher die Erde an einer Stelle erhaben, an der anderen vertieft, ſo wird auch die innere Fläche der Erdrinde dieſelbe Form zeigen; es ſei z. B. ein Stück der Oberfläche der Erde ſo geſtaltet, wie es die äußere Linie a b der Figur giebt, wo E K die Linie des Meeresſpiegels — der mathematiſchen Geſtalt der Erde entſprechend — darſtellt,




ſo muß auch die innere Fläche c d den äußeren Unebenheiten folgen, indem die Abkühlung von e ebenſo raſch aber auch nicht raſcher in der Richtung e f fortſchreitet, als von g nach h, und wir werden daher, wenn wir von e aus in die Erde bohren, ebenſo ſchnell den flüſſigen Kern erreichen als von g aus; g iſt wohl dem Centrum der Erde näher als e, aber nicht dem noch flüſſigen Kerne, alſo wird auch die Temperaturzunahme von e aus ebenſo ſchnell von Statten gehen müſſen, als von g aus. Man denke ſich ein Gefäß von der folgenden Figur, mit Waſſer gefüllt, dem Froſte ausgeſetzt, ſo wird nach einiger Zeit das Waſſer von der Oberfläche her gefrieren, bei a aber gewiß ebenſo raſch als bei b und c, die Eisrinde wird bei a gewiß in derſelben Zeit ebenſo dick werden als bei b und c; die Erdrinde über dem flüſſigen Kerne wird ganz aus demſelben Grunde auf dem Boden eines Thales ebenſo ſchnell erſtarrt ſein, als von dem Rücken eines Berges aus. Aus dieſem Grunde iſt daher der Einwand Wagner's ein phyſikaliſch ganz unbegründeter, die Er-



ſcheinung der Temperaturzunahme von Bergen aus iſt alſo ſehr wohl verträglich und erklärlich mit der Annahme eines flüſſigen Kernes. Nur eine weitere Folgerung aus dieſer unphyſikaliſchen, irrigen Vorausſetzung A. Wagner's iſt der Einwand gegen den heißflüſſigen Zuſtand des Inneren, den Wagner aus den Temperaturverhältniſſen des Meeres hernimmt. Er beruht nämlich ebenfalls auf dem Irrthume, daß die feſte Erdrinde unter dem Meere um ſo viel dünner ſei, als das Meer tief iſt, daß alſo die Temperatur auf dem Grunde eines 26—27000 Fuß tiefen Meeres 260—270° betragen müſſe, daß dann das Meer aber natürlich ſieden müßte, indem es ja von dem heißen Grunde wie von dem Boden eines heißen Keſſels Wärme aufnehmen müßte. Wir haben die Temperaturverhältniſſe des Meeres Kapitel VII. ausführlicher beſprochen und gefunden, daß dieſelben, wie auch Wagner es ausſpricht, von der Temperatur des Meeresgrundes unabhängig ſind, keine Wärme von demſelben erhalten. Das Waſſermeer verhält ſich in derſelben Weiſe wie das Luftmeer; wir haben geſehen, daß auch dieſes gegenwärtig aus dem Inneren der Erde kaum eine bemerkliche Spur von Wärme erhält; und zwar erhält es ganz aus derſelben Urſache nicht mehr Wärme von ſeinem Grunde, weil eben die Erdrinde auf dem Meeresgrunde eben ſo dick ſein muß, als an der Oberfläche des Feſtlandes. Im Gegentheil dürfen wir erwarten, daß die feſte Erdrinde von dem Meeresgrunde an eher dicker ſein wird, als von dem Feſtlande an gerechnet. Jeder weiß, daß ein heißes Eiſen viel raſcher abgekühlt wird, wenn man es in's Waſſer hält, als in der Luft, eben weil das Waſſer in gleicher Zeit viel raſcher und viel mehr Wärme einem Körper entzieht, als Luft. Ebenſo wird das Waſſermeer der Erdrinde auch mehr Wärme entzogen haben, als das Luftmeer, die Erdrinde wird daher an den Stellen, wo ſie von Meer bedeckt iſt, raſcher und ſtärker abgekühlt worden ſein, alſo gegenwärtig dicker ſein, als an anderen Stellen. Es iſt daher eine ganz irrthümliche Erwartung, daß das Meer gegenwärtig von ſeinem Grunde mehr Wärme erhalten ſolle, als die Luft über dem Feſtlande, und auch dieſer Einwurf gegen die Annahme eines heißen flüſſigen Erdkernes widerlegt.

Anders war dieſes Verhältniß freilich in früheren Zeiten. Damals, als die Erdrinde noch dünner war, mußte allerdings das

Meer wie die Luft mehr Wärme aus dem Innern erhalten, wenn die Erde im Innern heißflüssig war, und wir können diesen für frühere Perioden der Erde richtigen Schluß durch die Beobachtung auch als wirklich eingetroffen nachweisen. Es ist nämlich eine bekannte Thatsache, daß in früheren Perioden auf der ganzen Erde eine Schöpfung von Pflanzen und Thieren existirte, die tropische Wärme als unerläßliche Bedingung ihres Daseins brauchten. Diese Geschöpfe finden wir aber versteinert ebenso gut unter dem Aequator wie an den Polen, in Gegenden, die jetzt vom Eise starren, und zwar unter Verhältnissen, die es mit der größten Sicherheit darthun, daß diese Geschöpfe dort gelebt haben. Diese Erscheinung zeigt uns, daß damals also warme Meere in Gegenden waren, wo jetzt die strengste Winterkälte herrscht, daß also eine von der Sonne ganz unabhängige Wärmequelle in jenen frühen Zeiten des Erdlebens vorhanden war. Der Plutonist kann diese Erscheinung sehr ungezwungen erklären; sie rührte eben davon her, daß die anfangs dünnere Erdrinde eine bedeutende Menge von Wärme aus dem flüssigen heißen Inneren an die Oberfläche abgeben konnte, welche, unabhängig von der Sonnenwärme, auch die Polarregionen zu erwärmen im Stande war, während durch das Dickerwerden der Rinde diese Wärmequelle nach und nach versiechte und die Verhältnisse, wie sie jetzt auf der Erdoberfläche sich zeigen, eintraten. — Der Neptunist muß auch zu der Erklärung dieser Thatsachen die willkürlichsten Hypothesen annehmen oder sie völlig unerklärt lassen. In früheren Zeiten hat man wohl die Vermuthung aufgestellt, es möchte früher die Erdachse eine andere Stellung gehabt haben, und so gelegen sein, daß die Pole in der Ebene des jetzigen Aequators lagen. Auch abgesehen davon, daß auch nicht der geringste Grund sich auffinden läßt, wodurch eine solche Aenderung in der Stellung der Erdachse hervorgebracht werden könnte, ist es gar nicht möglich, eine Stellung der Erdachse ausfindig zu machen, bei der alle die Punkte der Erdoberfläche ein tropisches Klima dadurch von der Sonnenwärme erhalten hätten, an welchen dasselbe, wie uns eben die aufgefundenen Thier- und Pflanzenreste zeigen, geherrscht haben muß, und es bleibt also nicht einmal diese Annahme übrig.

Wir haben nun noch die vulkanischen Erscheinungen zu betrachten und zu sehen, wie diese von den beiden entgegengesetzten

Partheien erklärt werden. Dem Neptuniſten waren ſie von jeher eine höchſt ſtörende Erſcheinung, namentlich ſeit man die ungeheuere Verbreitung dieſer gewaltigen Kraft über den Erdkreis und beſonders um den großen Ocean herum, das Geſetzmäßige in ihrer geographiſchen Verbreitung, ihrer Lage und Vertheilung und ihren Zuſammenhang mit den Erdbeben erkannte. Seit dieſer Zeit ſpricht man nicht gerne bei den Neptuniſten davon, die vulkaniſchen Erſcheinungen ſind ihnen etwas unbequem geworden, und daher geht auch A. Wagner ſowohl in ſeiner „Urgeſchichte", als auch in ſeiner Beſprechung der Lehrbücher von Naumann und Biſchof (Münchner Gel. Anz. 1850. p. 849 ꝛc.) ziemlich leicht darüber weg, was um ſo befremdlicher iſt, als doch gerade die vulkaniſchen Erſcheinungen in den Augen der Plutoniſten eine ganz beſondere Wichtigkeit haben und als eine Hauptſtütze ihrer Theorie angeſehen werden. Zur Erklärung derſelben, meint er, reiche die Prechtl'ſche Theorie wohl hin, und man brauche deswegen keinen heißflüſſigen Kern (kein Centralfeuer) anzunehmen.

Wir haben zwar ſchon oben, p. 168, gezeigt, wie unmöglich es ſei, mit dieſer Theorie die Zunahme der Wärme in Gruben und Bergwerken zu erklären, wie ſchlecht hier die theoretiſch berechnete mit der durch Beobachtung wirklich gefundenen Temperatur zuſammenſtimme, doch wollen wir hier etwas ausführlicher die Prechtl'ſche Theorie erörtern, namentlich in ihrer Anwendung auf die vulkaniſchen Erſcheinungen. Um dieſelbe verſtehen zu können, müſſen wir etwas näher auf das Verhalten der Körper gegen die Wärme eingehen. Es wurde ſchon p. 144 ein Beiſpiel angeführt, das uns lehrte, daß die verſchiedenen Stoffe ſich ſehr verſchieden gegen Wärme verhalten; daß gleiche Mengen von verſchiedenen Flüſſigkeiten, die gleiche Temperatur zeigen, doch ſehr verſchiedene Mengen von Wärme enthalten. Man ſieht dies am deutlichſten, wenn man verſchieden temperirte Flüſſigkeiten mit einander miſcht. Um einen Maßſtab für dieſe Verhältniſſe zu haben, iſt man darüber übereingekommen, die Menge Wärme, welche nöthig iſt, um z. B. 1 ℔ Waſſer um 1° wärmer zu machen, als Wärmeeinheit anzunehmen. Um daher 1 ℔ Waſſer von 0° auf 20° zu erwärmen, braucht man 20 Wärmeeinheiten, und für 6 ℔ Waſſer, wenn ſie 20° warm werden ſollen, 6 × 20, d. h. 120 Wärmeeinheiten. Miſcht man daher 1 ℔ Waſſer von 10° Wärme

mit 1 ℔ Waſſer vom 20° Wärme, ſo erhält man 2 ℔ Waſſer von 15° Wärme. Wenn man aber 1 ℔ Waſſer von 7° Wärme mit 1 ℔ Queckſilber von 109° Wärme vermiſcht, ſo erhält man ein Gemenge von 2 ℔, das nur 10° warm iſt. Während alſo die Temperatur des Queckſilbers um 99° abgenommen hat, iſt das Waſſer nur um 3° wärmer geworden; es ſind alſo 3 Wärmeeinheiten des Waſſers gleich 99 Wärmeeinheiten des Queckſilbers, d. h. das Waſſer nimmt 33mal ſoviel Wärme in ſich auf, als das Queckſilber, da dieſelbe Wärmemenge, welche nöthig iſt, um Waſſer um 3 Grad wärmer zu machen, hinreichend iſt, Queckſilber um 99° zu erwärmen. Bezeichnen wir daher das Wärmeaufnehmungsvermögen — die Wärmecapacität — des Waſſers mit 1, ſo iſt die des Queckſilbers $^1/_{33}$ von der des Waſſers. Man hat nun gefunden, daß alle übrigen Körper eine geringere Wärmecapacität haben, als Waſſer, daß weniger Wärme nöthig iſt, um 1 ℔ derſelben um 1° höher zu erwärmen, als für 1 ℔ Waſſer. Nennen wir die Wärmemaſſe, welche nöthig iſt, 1 ℔ Waſſer um 1° zu erwärmen gleich 1, ſo braucht Queckſilber $^1/_{33} = 0{,}033$ — Luft $^1/_4$, genauer 0,267 — Kohlenſäure 0,221 — Glas 0,177 — Bergkryſtall 0,189 — Thon 0,185 — Marmor 0,212 u. ſ. f. Man kann alſo mit derſelben Menge Wärme, die 1 ℔ Waſſer um 1° höher erwärmt, 4 ℔ Luft um 1° höher erwärmen u. ſ. w. Die Wärmecapacität, oder, was daſſelbe iſt, die ſpecifiſche Wärme ändert ſich aber bei einem und demſelben Körper nach Umſtänden bedeutend. Wird daher ein Körper aus einem Zuſtande, in welchem er mehr Wärme aufnehmen kann, in einen ſolchen verſetzt, in welchem er weniger halten kann, d. h. vermindert ſich ſeine Wärmecapacität, ohne daß dabei die Wärmemenge ſelbſt vermindert wird, ſo wird dieſelbe Wärmemenge einen größeren Effect haben, der Körper zeigt eine höhere Temperatur, wie Waſſer von 3°, wenn man es plötzlich in Queckſilber verwandeln könnte, dadurch 99° warm werden würde. Dies findet alſo auch bei der Luft Statt und darauf hat Prechtl ſeine Theorie gegründet. Man hat nämlich gefunden, daß die Wärmecapacität der Luft, die wir zu $^1/_4$ der des Waſſers gefunden haben, geringer wird, wenn man ſie zuſammenpreßt; folglich muß bei der Zuſammenpreſſung der Luft Wärme frei werden, ſie wird eine höhere Temperatur annehmen müſſen. Woher dies Letztere rühre, wird ſogleich klar werden.

Man denke sich 4 ℔ Luft von 10° an der Oberfläche der Erde unter den gewöhnlichen Verhältnissen des atmosphärischen Druckes, so werden diese 4 ℔ gerade so viel Wärmeeinheiten enthalten als 1 ℔ Wasser von 10°; preßt man diese Luft um die Hälfte zusammen, so wird weder das Gewicht, noch die in ihnen enthaltene Wärmemenge vermindert, aber, wie die Erfahrung lehrt, die Wärmecapacität; Luft unter dem doppelten Druck wie die gewöhnliche, braucht weniger Wärme, um gleich hoch erwärmt zu werden, dieselbe Menge Wärme, welche 4 ℔ Luft unter dem gewöhnlichen Luftdrucke auf 10° erwärmt, bringt in einer um das Doppelte zusammengedrückten Luft eine höhere Temperatur hervor. Preßt man also Luft rasch zusammen, so geht keine Wärme verloren, dieselbe Wärmemenge macht aber zusammengepreßte Luft wärmer, als nicht zusammengepreßte, die zusammengepreßte Luft wird durch die Compression also wärmer, wenn die Wärmemenge nicht verringert wird.

Dies ist eine Thatsache, aus der nun Prechtl die vulkanischen Erscheinungen und die Erdwärme herzuleiten sucht. Bildeten sich nämlich tiefe Spalten und Hohlräume im Innern der Erde aus, die mit der äußeren Luft communiciren, so dringt diese von außen ein und die Dichtigkeit derselben wird ebenso von der Oberfläche der Erde aus nach unten hin zunehmen, wie sie von dort aus nach oben immer abnimmt. Die nach unten dringende Luft wird aber, indem sie durch die höheren, über ihr liegenden Schichten zusammengepreßt wird, in ihrer Wärmecapacität vermindert, also wärmer werden müssen; in sehr bedeutender Tiefe wird eine ganz außerordentliche Compression der Luft und dadurch auch eine außerordentliche Hitze derselben eintreten müssen, und diese Hitze ist nach Prechtl so bedeutend, daß die vulkanischen Erscheinungen sich davon herleiten lassen. Es kommt nämlich außer der Luft noch ein zweiter Bestandtheil der Atmosphäre dazu, der Wasserdampf. Ueberall enthält nämlich die atmosphärische Luft etwas Wasserdampf beigemengt, sie ist nicht ganz trocken. Dieser Wasserdampf folgt im Allgemeinen den Gesetzen, die für die Gase gelten, so lange er selbst Dampf bleibt und sich nicht zu Wasser verdichtet, d. h. tropfbar flüssig wird, doch gelten für Luft und Wasserdampf verschiedene Werthe der Wärmecapacität, der Spannung und Elasticität u. s. f. Es fragt sich nun, wie verhält sich die Zunahme der Dichtigkeit der Luft in der Tiefe und in welchem

Verhältniſſe vermindert ſich die Wärmecapacität, wie viel Wärme wird alſo in der Tiefe frei werden?

Wir haben ſchon im VII. Kap. Anm. 2. das Mariotte'ſche Geſetz näher angegeben, nach welchem Gaſe in demſelben Verhältniſſe an Dichte zunehmen, in welchem der Druck wächſt. Freilich iſt daſſelbe erſt bis zu 27 Atmoſphärendruck durch genaue Verſuche beſtätigt worden, deren Richtigkeit ebenfalls nach Regnault nicht ſicher iſt, und wir wiſſen nicht, wie es bei einem noch viel höheren Drucke, z. B. dem tauſendfachen, modificirt wird; daß es bei vermindertem Drucke nicht mehr zutrifft, wiſſen wir auch, es gilt alſo nur zwiſchen beſtimmten Grenzen, doch wollen wir uns an daſſelbe auch für höhere Druckgrade einſtweilen noch halten. Unter dieſer Vorausſetzung iſt es nun eine einfache Rechnung, zu finden, wie der Druck nach der Tiefe der Erde zunimmt und mit ihm die Dichtigkeit der Atmoſphäre. Nach dieſer Vorausſetzung wäre die Luft in der Tiefe einer Meile 2,4mal ſo dicht als an der Oberfläche, in 2 Meilen Tiefe 6,13, in 3 Meilen ſchon 15,15 in 10 Meilen 8307mal u. ſ. f. Setzt man die Rechnung fort, ſo kommt man zuletzt auf Zahlen, die ebenfalls deutlich genug zeigen, daß das Mariotte'ſche Geſetz ebenſo wenig für einen ſehr hohen, wie für die niedrigſten Grade des Druckes gelten kann, daß alſo bei ſtärkerem Drucke die Luft weniger ſtark comprimirt werde, wenn die Zuſammendrückung einen beſtimmten Grad erreicht hat [10]). Was nun die Verminderung der Wärmecapacität mit der Zuſammenpreſſung der Luft anbelangt, ſo wiſſen wir auch hier für die höchſten Druckgrade nicht genau, wie ſie ſich verhalte, doch wiſſen wir ſoviel durch Verſuche, daß die Verminderung nicht im Verhältniſſe zu dem Druck ſtehe, wie man früher glaubte und Prechtl angenommen hat, ſondern viel langſamer abnehme [11]). Um z. B. die Wärmecapacität eines Gaſes auf die Hälfte herabzuſetzen, muß der Druck auf das 18fache ſteigen*), wenn es nicht ſo eingeſchloſſen iſt, daß es ſich nicht ausdehnen kann, was ja in unſerem Falle nicht Statt findet, d. h. bei einem 18fachen Drucke wird die Hälfte der Wärme, die in einem Gaſe enthalten iſt, frei, die Wärme deſſelben erhöht ſich auf das Doppelte.

Wir wollen nun nach dieſen Erörterungen betrachten, was in der

*) Eiſenlohr, Lehrbuch der Phyſik. 6. Aufl. p. 418.

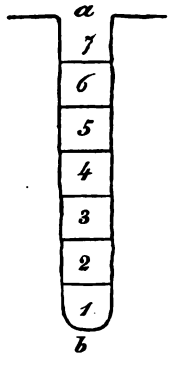
Erde vor ſich gehen wird, wenn in dieſelbe Luft von der Oberfläche aus eindringt. Wir wollen mit Prechtl annehmen, die Luft an der Oberfläche betrage 10° und es gehe ein Spalt in ungeheuere Tiefe in die Erde hinab, deren Temperatur ebenfalls gleich 10° betrage. In der Tiefe einer geogr. Meile befinde ſich eine Höhlung; dieſe wird nun mit Luft angefüllt, welche, unter Vorausſetzung der Gültigkeit des Mariotte'ſchen Geſetzes, hier eine Dichte von 2½ annehmen muß. Wir wollen nun ſelbſt annehmen, die Wärmecapacität habe ebenfalls um das 2½fache abgenommen, ſo wird die ganze Luftmaſſe 2½mal ſo warm, alſo 25° haben. Eine andere Höhle befinde ſich 3 Meilen, alſo circa 68000 Fuß unter der Meeresfläche, ſo wird hier die Luft die 15fache Dichtigkeit haben. Nähme auch bis dahin die Wärmecapacität um das 15fache ab, ſo würde die Luft hier eine Temperatur von 150° annehmen. Sind nun die Wände dieſer Höhle kühler, ſo wird ſich die Temperatur bald ausgleichen, ebenſowohl durch Mittheilung der frei gewordenen Wärme an die Wände, als auch nach oben; die auf das 15fache zuſammengepreßte Luft wird nun in dieſer Höhle ſtagniren, die Temperatur wird die der Wände und nun bleibt die Luft unverändert, unbeweglich und ſo kalt, als die Geſteine ſind, zurück. Iſt einmal der durch die Zuſammenpreſſung der Luft frei gewordene Wärmetheil an die Umgebung abgegeben, ſo findet keine ſolche mehr Statt. Die Luft kann nur ſoviel Wärme und dieſe nur einmal abgeben, als ſie, von oben hereindringend, mitbringt und durch den Druck, den ſie erfährt, davon frei werden laſſen muß. Es wird durch den Druck nicht Wärme erzeugt, die Menge der oben vorhandenen Wärme bleibt ſich vollkommen gleich, nur die Luft verhält ſich anders gegen dieſelbe und die Wärmeabgabe erfolgt nur im Momente, wo ſie unten zuſammengepreßt ankommt und dann nie mehr, indem zuſammengepreßte Luft ebenſo kalt ſein kann, ihre Wärme ebenſo ſchnell verliert, als dünne und dann auf der Temperatur ihrer Umgebung bleibt, wenn ſie nicht aus einer andern Quelle neue Wärme empfängt. Sie wird alſo in den tiefſten Spalten, auch wenn ſie dort bis zur Glühhitze gebracht wäre, in Kurzem die Temperatur annehmen, die der Erde urſprünglich eigen iſt, und bei dieſer bleiben. Hätte daher die Erde keine eigene Wärme, wäre dieſe allein von der der Sonne abhängig, ſo müßte in den

tiefſten Tiefen eben die mittlere Jahrestemperatur herrſchen, welche ſich an dem Punkte ſenkrecht über denſelben auf der Oberfläche findet; da die Menge der freien Wärme, welche einmal durch die comprimirte Luft hinabgekommen iſt, nicht im Stande wäre, auf die Dauer dieſe Temperatur zu erhöhen. Wollten wir auch das Maximum der wahrſcheinlichen Zuſammendrückbarkeit der Luft annehmen, daß ſie um das 300fache zuſammengedrückt werde (jenſeits dieſes Druckes wird ſie, nach Anm. 10, wahrſcheinlich flüſſig), ſo wird ſie dann, wenn wir das Verhältniß der Verminderung der Wärmecapacität für nicht in einem Gefäße eingeſchloſſene Luft zu Grunde legen, in dem Verhältniß von 18:2 = 9:1 ihre Wärmecapacität ändern, alſo $^{300}/_{9}$, d. h. circa 33mal wärmer erſcheinen, als an der Oberfläche, circa 330° haben. Das Maximum der Wirkung wäre alſo daſſelbe, wie wenn plötzlich ein heißer Strom von Luft in eine Höhle getrieben würde. Mehr kann nicht durch die Compreſſion Wärme erzeugt werden und dieſe nur ein für alle Male. Dieſer geringe Ueberſchuß von Wärme müßte natürlich bald verloren gehen und ſich nach und nach eine mittlere Temperatur herſtellen, die ſich nach der Menge der Luft, d. h. nach der Größe der Höhlen im Verhältniſſe zu deren Wänden richten würde und ebenſo nach der freieren oder gehemmteren Communication mit der äußeren kälteren Luft, an die ebenfalls von der unteren wärmeren etwas von der durch Druck freigewordenen Wärme mitgetheilt würde. Wer da glaubt, daß die in einer noch ſo tiefen Spalte noch ſo ſehr erhitzte Luft, die ja nur einmal Wärme frei werden läßt, und dann ſich abkühlen muß, auf die Dauer die Erdmaſſe erhitzt, der muß auch glauben, daß ein einmal ſtark erhitzter Ofen Jahrhunderte hindurch ein Zimmer warm halten kann. Denn eine unterirdiſche, mit heißer comprimirter Luft gefüllte Höhle verhält ſich gerade wie ein durch Feuer mit heißer Luft gefüllter Ofen. Beide geben Wärme an ihre kalte Umgebung ab und kühlen ſich dadurch ab. Durch dieſe nach und nach eintretende Abkühlung der unten erwärmten Luft zieht ſich dieſelbe zuſammen, es vermindert ſich das Volumen derſelben etwas und in demſelben Maaße wird von oben Luft wieder nachdringen. Wir wiſſen, daß ſowohl die Luft ſelbſt, als die Geſteine außerordentlich ſchlechte Wärmeleiter ſind und daher wird dieſes Nachrücken außerordentlich langſam und nur in dem Maaße, als ſich die Luft durch Abküh-

lung zusammenzieht, vorwärts gehen, bis sich endlich die Ausgleichung zwischen Luft und Gestein hergestellt hat. Wir wissen ferner, daß die Unterschiede der äußeren Temperatur sehr langsam in die Gesteine und nur bis zu einer bestimmten Tiefe eindringen (etwa 60 Fuß tief, sahen wir, dringen die Wärmeunterschiede von außen ein, und im Durchschnitte 4⅓ Fuß in einem Tage pflanzt sich die Wärme fort); es ist daher auch durch die nachrückende Luft, die beim Nachrücken ebenfalls wieder etwas mehr zusammengedrückt wird, nur wenig Gelegenheit zu neuer Wärmeentwicklung gegeben.

Prechtl hat viel Gewicht auf die Wasserdämpfe gelegt, die mit der Luft herabkommen, an den Gesteinen sich condensiren und dadurch ebenfalls zu einem beständigen Nachrücken von Luft und neuer Wärmeentwicklung Veranlassung geben, ist jedoch auch hier von ganz irrigen Vorstellungen ausgegangen. Wir sehen, daß bei jeder, auch der geringsten Temperatur, Wasser sich in Dampf verwandeln kann, daß auch die kälteste Luft noch Wasserdampf enthält. Die Menge des in einem bestimmten Raume vorhandenen Wasserdampfes richtet sich nun nach der Temperatur und dem Drucke, welcher derselbe ausgesetzt ist. Ist in einem Raume nun soviel Wasserdampf enthalten, als derselbe bei einer bestimmten Temperatur und unter bestimmtem Drucke aufnehmen kann, so sagt man, der Raum sei mit Wasserdampf gesättigt. Es ist nun ganz gleichgültig, ob in diesem Raume sich noch Luft befindet oder nicht, in dem luftleeren Raume ist der Sättigungsgrad ganz derselbe, wie in einem Raume, in dem sich Luft befindet. Verringert sich aber die Temperatur oder nimmt der Druck in jenem mit Wasserdampf gesättigten Raume zu, so geht ein Theil desselben aus dem gasförmigen Zustande in den tropfbar flüssigen über, es condensirt sich der Dampf; steigt aber die Temperatur, so kann eine größere Menge von Dämpfen in demselben Raume sich entwickeln, oder dieselbe Menge von Dämpfen kann sich im kleineren Raume bei höherer Temperatur erhalten. Kommt daher atmosphärische Luft mit ihrem Wasserdampfe in unterirdische Spalten und Höhlungen, so könnte nur dann eine Verdichtung desselben eintreten, wenn er in viel kältere Regionen gelangte, als diejenige, aus welchen er kommt, und nur so viel wird sich dort condensiren, als bei der geringeren Temperatur weniger Dampf hinreicht, die

Luft dort mit Wasserdampf zu sättigen. Dringt nun nach Prechtl atmosphärische Luft von 10° Wärme mit der Menge von Wasserdampf, welche sie bei 10° aufgelöst erhalten kann, in größere Tiefen, wo die Temperatur durch den Druck wächst, so wächst auch ihre Fähigkeit, Wasserdampf aufgelöst zu erhalten und es kann also unmöglich zu einer Condensation des Wasserdampfes kommen; es dürfte sich die Luft in den untern Höhlungen und die Gesteinswände nach und nach bis zu der ursprünglichen Temperatur der Luft, bis zu 10°, abkühlen, ehe sich Wasserdampf zu condensiren begänne; erst wenn die Temperatur so weit sänke, würde eine Condensation desselben erfolgen. Es fällt daher dieser Grund weg, weshalb neue Luft von oben nachdringen sollte und es wird daher nur ganz allmählich durch die langsame Abkühlung der unteren Luft etwas höher gelegene nachrücken; die Wärmeerhöhung, welche diese aber mit sich bringt, kann nur eine ganz unbedeutende sein, wie folgende Betrachtung lehren wird. Es sei z. B. a b eine solche neu entstandene Spalte. Bei ihrer Entstehung strömt nun plötzlich die Luft von a nach b und wird in Folge dieser plötzlichen Verdichtung in b eine bedeutende Temperaturerhöhung erfahren, die von 1 bis 7 allmählich abnimmt, so daß sie bei 7 derjenigen der Oberfläche gleich kommt. Es erfährt nun aber die ganze Luftsäule b a eine allmähliche Abkühlung. Zieht sich nun die Luft bei b, wo die Erwärmung und die darauf folgende Abkühlung die stärkste sein wird, allmählich durch letztere zusammen, so kommt nicht neue Luft von a nach b, sondern es rückt die Luftschichte 2 nach 1 zu etwas herab; da aber der Unterschied zwischen dem Drucke der Schichte 2 und 1 ein sehr geringer ist, so wird auch nur eine sehr geringe Erwärmung für 2 Statt finden, wenn ein Theil von 2, der sich ebenfalls schon abgekühlt hat, nach 1 herunter rückt, und dieser neue Zuwachs an Wärme wird immer geringer werden, je später nach dem ersten Eindringen der ganzen Luftmasse das Nachrücken Statt findet, indem alle über 1 gelegenen Luftschichten nach und nach ebenfalls ihre durch den Druck frei gewordene Wärme theils an die Wände, theils an die höheren Luftschichten abgegeben haben.



Daß dieſes wirklich der Fall ſei, daß wirklich in Höhlungen unter der Erde in kurzer Zeit eine Ausgleichung der Wärme zwiſchen der eingedrungenen und durch Compreſſion erwärmten Luft Statt findet und daß dann bei wechſelndem Drucke keine Wärmeerhöhung mehr eintritt, das beweiſen ganz klar die Beobachtungen der Temperatur in den (28 Meter) 86 Fuß tiefen Kellern des Obſervatoriums zu Paris, die ſich im Laufe eines Jahres nicht um $^1/_{100}{}^0$ ändert, während die Schwankungen des Druckes der Luft circa $^1/_{20}$ des Ganzen zwiſchen dem Maximum und Minimum deſſelben betragen. Obwohl alſo die Luft bald um $^1/_{20}$ zuſammengedrückt wird, bald ſich wieder ausdehnt, bleibt ihre Temperatur doch unverändert, und man ſieht daraus, daß eine allmähliche, langſame und daher auch ſchwache Compreſſion der Luft, die durch alle Luftſchichten ſich gleichmäßig abnehmend fortſetzt, nicht mehr von einer ſolchen Wärmezunahme begleitet iſt, wie eine plötzliche ſtarke.

Das eben Mitgetheilte mag hinreichen, die Unhaltbarkeit der Theorie von Prechtl darzuthun, die mit den phyſikaliſchen Geſetzen unverträglich iſt, und es wird daher auch nicht nöthig ſein, auf die ferneren Verſtöße deſſelben gegen phyſikaliſche Geſetze bei dieſer ſeiner Deduction hier einzugehen [12]).

Auch die vulkaniſchen Erſcheinungen hat man von neptuniſtiſcher Seite ebenſo zu erklären verſucht, wie die Temperaturzunahme nach dem Innern und die heißen Quellen: aus chemiſchen Proceſſen u. dgl. Wir haben aber ſchon weiter oben auseinandergeſetzt, wie unhaltbar und unzureichend zu der Erklärung dieſer Erſcheinungen alle jene Angaben waren, und es iſt daher nicht nöthig, noch einmal den Nachweis ihrer Unzulänglichkeit für die vulkaniſchen Erſcheinungen zu wiederholen. Unter ſolchen Umſtänden wird man wohl ſehr natürlich finden, daß die neptuniſtiſche Anſicht ſo wenig Beifall mehr findet und gegenwärtig ebenſo als eine veraltete angeſehen wird, wie die Emiſſionstheorie bei der Lehre vom Licht oder die vorcopernicaniſche Weltanſchauung in der Aſtronomie.

Alle bisher erörterten Erſcheinungen, ohne Ausnahme, laſſen ſich, unter Vorausſetzung, daß die Erde früher durch Hitze flüſſig, d. h. geſchmolzen war, auf das ungezwungenſte erklären. Wir kommen nicht in die Verlegenheit mit dem Waſſer, wie die Neptuniſten, weil die Menge des Waſſers, das man auf der Erde findet, zu den Proceſſen, die es nachweisbar ausgeführt hat, voll-

kommen hinreichend ist, während es zu denen, welche es nach neptunistischer Vorstellung ausgeführt haben soll, schlechterdings nicht zureicht. (cfr. p. 159 ꝛc.) Wir haben gesehen, welche Schwierigkeit es hat, sich unter Annahme der neptunistischen Voraussetzungen, ohne die gewöhnlichsten physikalischen Gesetze zu ignoriren, zu erklären, wie überhaupt nur ein Festland über das Meer hervorrage; welche noch größere Schwierigkeiten der Wechsel zwischen Festland und Meeresbedeckung an ein und derselben Stelle dem Neptunisten bereite; wie unbegreiflich dann das verschiedene Niveau verschiedener Formationen sei, wie wir es p. 163 ꝛc. geschildert haben. Wie unmöglich es ferner den Neptunisten sei, einen hinreichenden Grund für die Temperaturzunahme in der Erde zu finden, wie ungenügend und unhaltbar alle Erklärungsversuche der heißen Quellen und der vulkanischen Erscheinungen, der früheren gleichmäßigen warmen Temperatur der Erdoberfläche, das Alles haben wir ausführlich auseinander gesetzt.

Nach der plutonistischen Theorie machen alle diese Erscheinungen gar keine Schwierigkeit, indem eben die Annahme eines ursprünglichen geschmolzenen Zustandes uns im Innern der Erde eine Quelle von Wärme und Kräften sichert, welche uns die Temperaturerscheinungen und die davon herrührenden Kraftäußerungen aus dem Innern alle aus dieser einen Annahme begreiflich finden läßt. Nach dieser Theorie war also die Erde im Anfange geschmolzen und erhielt dadurch bei ihrer Rotation die Abplattung, die sie als flüssige Masse erhalten mußte. In diesem frühesten Zustande war natürlich alles Wasser als Dampf in der Atmosphäre. Durch die Abkühlung bildete sich nach und nach eine immer dicker werdende Rinde, die in Folge der Abkühlung und dadurch bedingten Zusammenziehung Risse und Spalten bekam. In diese Spalten und überhaupt auf die ganze Erdoberfläche strömte dann bei fortwährender Erkaltung, an der auch die Atmosphäre Theil nehmen mußte, die sich verdichtenden Wasserdämpfe hernieder, ein Meer um die ganze Erde bildend, das noch lange aus der warmen, dünnen Erdrinde bedeutende Wärmemengen erhalten mußte. Nach dem Erscheinen des Wassers auf der Erde war nun die Gelegenheit zur Entwicklung vulkanischer Aeußerungen und damit zur Emportreibung von Land gegeben. Das in die durch Abkühlung entstandene Spalten eindringende Wasser kam mit dem heißen Innern

in Berührung, verwandelte ſich in Dampf und trieb, ſich ausdehnend, die noch dünnere Rinde in die Höhe, wie auch jetzt noch dieſelbe Urſache dieſelbe Wirkung hat, wenn gleich das Maaß derſelben und die Art ihrer Aeußerung durch die veränderten Verhältniſſe eine Modification erlitten hat. Früher war natürlich die Rinde der Erde viel dünner, als gegenwärtig, der Widerſtand gegen die Dämpfe geringer, die Erdrinde in gewiſſer Beziehung nachgiebiger. Es wird daher wahrſcheinlich auch weniger heftige locale Exploſionen, wie aus unſeren Vulkanen, gegeben haben, eher mehr allmähliche Hebungen einzelner Theile der Rinde. Durch die Abkühlung ſelbſt und durch die Emportreibung der feſten ſtarren Rinde iſt aber die Veranlaſſung zur Bildung von Höhlungen im Innern der Erde und damit auch wieder zum Einſinken einzelner Parthieen gegeben; und das noch jetzt Statt findende, abwechſelnde Gehobenwerden und Sinken einzelner Parthieen der Erdoberfläche iſt ganz daſſelbe, was auch früher auf der Erde Statt gefunden hat. Neben dieſen mechaniſchen Wirkungen des Waſſers gingen aber noch andere gleichen Schrittes vor ſich. Die urſprüngliche Oberfläche der Erde wurde von dem Waſſer, wie auch heute noch, bearbeitet, zerſtört, theilweiſe mechaniſch, theilweiſe chemiſch, und ſo bildete ſich jene Reihe von unzweifelhaft dem Waſſer ihren Urſprung verdankenden Geſteinsſchichten, die wir auf der Oberfläche der Erde antreffen. Sie bildeten ſich auf dem Grunde der früheren Meere, wurden dann in die Höhe gehoben und blieben Feſtland, kamen durch Senkung dann wieder in das Meer, worauf ſich eine neue Maſſe aus demſelben niederſchlug. Das verſchiedene Niveau der verſchiedenen Bildungen, der dem Neptuniſten ſo große Schwierigkeiten bereitende Wechſel zwiſchen Meeresbedeckung und Landbildung hat bei dieſer Erklärung durchaus nichts Befremdliches. Der Plutoniſt braucht keine anderen, als die noch jetzt vor unſern Augen wirkſamen Kräfte zur Erklärung aller dieſer und ähnlicher Erſcheinungen.

Wenn man bis hierher die beiden Theorien mit einander verglichen und das Für und Wider bei beiden abgewogen hat, ſo muß man in der That ſtaunen, daß die neptuniſtiſche Anſicht noch immer ihre Vertreter findet. Es wird dies begreiflicher, wenn man bedenkt, wie ſchwer es den Menſchen überhaupt wird, althergebrachte Vorſtellungen aufzugeben, und wenn man die Ueber-

treibungen und Auswüchſe der plutoniſtiſchen Theorie kennt, welche derſelben mit Recht vorgeworfen werden können, die aber die Wahrheit, die ihr zu Grunde liegt, nicht alteriren, und mit ihr durchaus nicht verknüpft ſind. Wir werden ſpäter noch auf dieſe Irrthümer von Seiten der Plutoniſten und die Einwände von Seiten der Neptuniſten ausführlicher zurückkommen. Einer dieſer Streitpunkte betrifft die geneigte Stellung der Schichten und die daraus gezogenen Schlüſſe, der andere die Frage nach der Entſtehung der auf der Oberfläche der Erde von uns gefundenen Geſteine. Namentlich dieſer letzte Gegenſtand hat zu den allerheftigſten und erbittertſten Streiten Veranlaſſung gegeben, aus dem Irrthume, daß dieſe Frage *weſentlich* mit der plutoniſtiſchen Anſicht im Zuſammenhang ſtehe, und daß man die Vorſtellung, gewiſſe auf der Oberfläche der Erde gefundene Geſteine, die man als geſchmolzene anſehen wollte und zum Theil noch anſieht, nicht aufgeben könne, ohne zugleich die Theorie von dem urſprünglichen geſchmolzenen Zuſtande der Erdkugel aufzugeben. Nun wird aber nach dem Bisherigen Jeder leicht einſehen, daß dieſe beiden Vorſtellungen mit einander durchaus nichts Gemeinſames haben. Wenn es wirklich nachgewieſen werden ſollte — bis jetzt iſt dieſes aber noch nicht geſchehen — daß *alle* auf der Oberfläche der Erde ſich befindenden Geſteine, etwa mit Ausnahme der Laven, wirklich wäſſrige Gebilde ſeien, ſo würde dies nicht den geringſten Einwurf gegen die plutoniſtiſche Theorie bilden, es würde nur zeigen, daß die *urſprüngliche* Erſtarrungsrinde der Erde vom Waſſer ſo bearbeitet worden ſei, daß wir nirgends mehr dieſelbe *unverändert* vor Augen haben. Bei den ungeheueren Zeiträumen, die verfloſſen, ſeit das Waſſer ſeinen Kreislauf auf der Erde, ihre Oberfläche umändernd, ausübt, iſt es ſogar wahrſcheinlicher, daß dies wirklich ſo ſei und daß wir daher nur hie und da aus dem Innern der Erde hervorgedrungene Geſteine noch in einem wenig veränderten Zuſtande antreffen werden. Wir werden dieſen Punkt bei der Betrachtung der einzelnen Geſteine und ihres wahrſcheinlichſten Urſprungs noch näher erörtern. Es genüge vor der Hand darauf hingewieſen zu haben, daß dieſe Frage, nämlich die nach dem Urſprunge der auf der Erdoberfläche vorhandenen Geſteine, mit der plutoniſtiſchen Theorie in keinem weſentlichen Zuſammenhange ſtehe.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum achten Kapitel.

[1]) zu S. 159. In kohlensäurehaltigem Wasser löst sich nach G. Bischof's Versuchen unter den günstigsten Verhältnissen $^1/_{1000}$ vom Gewichte des Wassers oder $^1/_{10}$ Procent Kalk. Nun ist kohlensaurer Kalk aber 2,6—2,8mal so schwer wie Wasser; wir wollen aber nur 2,5 annehmen. 1 Kubikfuß Kalk wiegt also soviel wie $2^1/_2$ Kubikfuß Wasser, eine Schichte von 1000 Fuß also soviel wie eine von 2500 Fuß Wasser; da sich nun $^1/_{1000}$ Kalk in Wasser löst, so braucht diese Schichte von 1000 Fuß Kalk eine Wasserschichte, welche tausendmal soviel wiegt, oder 1000 mal 1000 mal $2^1/_2$ mal so dick ist wie die des Kalkes, also ein Meer von 2,500,000 Fuß Tiefe, d. h. mehr als 100 Meilen tief.

[2]) zu S. 159. 24000 Quadratmeilen sind ungefähr der 386ste Theil der Erdoberfläche, die Schiefer Südamerika's würden daher, über die ganze Erde verbreitet, eine Schichte von $^{2000}/_{386}$, also von circa 5 Fuß Dicke geben. Das specifische Gewicht des Thonschiefers ist aber 2,7 von dem des Wassers, jene Schichte wiegt also soviel wie eine Schichte von 2,7 mal 5, d. i. wie eine 15,5 Fuß dicke Wasserschichte. Nehmen wir an, was eher zu viel als zu wenig ist, daß sich von Thonschiefer $^1/_{10000}$ dem Gewichte nach in Wasser löst, so braucht jene Thonschiefermasse eine 15,5 mal 10000 Fuß dicke Wasserschichte, also ein Meer von 155000 Fuß Tiefe.

[3]) zu S. 160. Die Kieselsäure spielt im Mineralreiche eine sehr bedeutende Rolle, ist einer der vorwiegendsten Bestandtheile desselben. Diese bedarf nun noch viel mehr Wasser, um in einem gallertigen Zustande zu verbleiben. Ich habe solche gallertige Kieselsäure stehen lassen, bis sie Risse bekam und das Gefäß, in dem sie war, umgewendet werden konnte, ohne daß sich ihre Form änderte; in diesem Zustande enthielt sie noch über 50 % Wasser, und wir brauchten daher, wenn wir darnach unsere Berechnung richten wollten, noch viel mehr Wasser, als oben im Texte angegeben ist.

[4]) zu S. 163. Derartige Beispiele, wo eine jüngere, spätere Meeresbildung in einer viel höheren Gegend angetroffen wird und in einer tiefer unten liegenden vollkommen fehlt, ohne von dieser durch Gebirge, die einen Damm gegen jenes Meer hätten bilden können, getrennt zu sein, sind außerordentlich häufig. Die Kreidebildungen sind z. B. an den Pyrenäen über 12000 Fuß hoch auf den Bergen, fehlen aber auf den Ebenen Frankreich's, bis sie im Norden wieder auftreten. Wagner hat in seiner „Geschichte der Urwelt" dagegen eingewendet, es sei nur eine willkürliche Annahme, diese Bildungen für gleichzeitig anzunehmen, die Kreide könnte sich an dem einen Orte früher als an dem andern gebildet haben, ein Einwand, der selbst wieder durch nichts bewiesen werden kann und im Widerspruch mit einer Menge von Thatsachen steht, auf die wir später noch kommen werden. Soviel steht jedenfalls fest, daß die Kreidebildung in den Pyrenäen jünger ist, als die in dem ebenen, niedrigeren Frankreich angetroffenen älteren Gebilde, auf welchen sie ruht, und daß man dann immer unbegreiflich finden wird, warum sie nur in den Pyrenäen in jener Höhe angetroffen wird und nicht auch in der Ebene. Die Unterlage, auf der ein Gestein sich aus dem Meere niederschlug, muß doch älter sein, als dieses letztere, und wenn auf derselben Unterlage in ihrer weitern Erstreckung in einer bedeutenden Höhe Meeresbildungen in großer Dicke angetroffen werden, die an einer andern Stelle derselben fehlen, wie es in dem obigen Beispiele der Fall ist, zu dem wir auch noch den Harz hätten anführen können, der hoch oben auf denselben Schiefern, wie sie am Rhein sind, viel jüngere Bildungen hat, so wird man immer mit Recht gegen die neptunistische Erklärung die Einwände machen, die wir oben gemacht haben.

[5]) zu S. 164. Es soll hier nur noch einmal hervorgehoben werden, daß die genauen, von Reich angestellten Beobachtungen ergaben, daß die von oben her einwirkenden störenden Verhältnisse, namentlich auch die eindringenden kalten Wasser, viel mehr eine erkältende Wirkung nach unten hin ausüben, als eine erwärmende. Aus solchen Störungen lassen sich auch einzelne locale Ausnahmen

wohl erklären, wie sie Reich a. a. O. p. 204 anführt und erklärt. So groß alle diese Störungen sein mögen, so sehr sie es erschweren, das Gesetz der Temperaturzunahme genau kennen zu lernen, so lassen doch auch sie das Gesetz, daß die Temperatur zunehme, noch erkennen.

6) zu S. 166. Eine der heißesten Quellen ist die von Gastein, sie ist fast vollkommen reines Wasser, während z. B. die an Mineralbestandtheilen sehr reiche Rakoßyquelle Kissingen's nur 9° R. hat.

7) zu S. 166. In früheren Zeiten hat man wohl brennende Steinkohlenlager im Innern der Erde angenommen, welche die Erdwärme erzeugen sollten. Diese Erklärung wird schon dadurch beseitigt, daß in Gebilden, welche nachweisbar lange vor der Steinkohlenbildung existirten, die Temperaturzunahme dieselbe ist, heiße Quellen zum Vorschein kommen und so fort. Man hat ferner große Lager von Schwefelkies angenommen, die, sich unter Luftzutritt zersetzend, eine große Hitze entwickelten. Dieses Mineral besteht nämlich aus Eisen und Schwefel; tritt nun der Sauerstoff der Atmosphäre an das Eisen und den Schwefel, so entsteht durch die Verbindung derselben mit jenen beiden Bestandtheilen eine lebhafte Wärmeentwicklung. Es bildet sich nämlich Eisenoxydul und Schwefelsäure, die zu dem s. g. Eisenvitriol zusammentreten, und auch freie Schwefelsäure dabei. Dieser Eisenvitriol ist aber eine leicht in Wasser lösliche Substanz und wir würden ihn daher in dem Quellwasser antreffen, wenn dieses durch seine Bildung erhitzt worden wäre. Da wir aber dieses fast in gar keiner Quelle finden, so werden wir diesem Umstand nicht die Temperaturerhöhung der Quellen zuschreiben können. — Als man entdeckte, daß die s. g. Alcalien aus einem Metalle in Verbindung mit Sauerstoff bestünden, welche, von diesem getrennt, unter sehr heftiger Wärmeentwicklung sich mit demselben vereinigten, wenn sie mit ihm in Berührung kommen, nahm man an, es seien große Massen dieser Metalle im Innern der Erde, und erhitzten dieselbe bei ihrer Verbindung mit Sauerstoff. Diese Theorie, von dem berühmten H. Davy zuerst aufgestellt, wurde von ihm selbst bald als unhaltbar erkannt; denn einmal sind diese Metalle so leicht wie Wasser, selbst leichter als dieses, so daß also große Massen derselben im Innern nicht sein können, da das specifische Gewicht der Erde ja $5\frac{1}{2}$ mal so groß wie das von Wasser ist, dann entstehen auch aus dieser Verbindung Körper, die sehr leicht in Wasser löslich sind, und die wir doch auch nicht in den Quellen antreffen. Die meisten dieser Metalle haben ferner die Eigenschaft, das Wasser zu zersetzen; sie entziehen demselben den Sauerstoff und lassen den andern Bestandtheil des Wassers, den Wasserstoff, frei werden; aber auch von diesem Vorgange sieht man keine Spur. — Je größer die Wärmeentwicklung bei einem chemischen Processe ist, desto rascher geht er vor sich, desto eher hat er sein Ende erreicht. Man kann daher erwarten, daß die heißesten Quellen am raschesten ihre Temperatur vermindert zeigen müßten, eben weil die sie erhitzenden chemischen Processe am bäldesten aufhören müssen. Aber auch davon bemerkt man nichts. Kurz, es ist kein chemischer Vorgang bekannt, aus dem man diese Erscheinungen herleiten könnte.

8) zu S. 170. Es ist ein bekanntes physikalisches Gesetz, daß eine Substanz, welche durch Wärme in den flüssigen Zustand versetzt wird, nie eine höhere Temperatur annehmen kann, als die, bei welcher sie flüssig wird, so lange noch irgend ein Theil der Masse ungeschmolzen ist. Setzen wir z. B. ein Gefäß mit Wasser, in welchem sich Stücke von Eis oder Schnee befinden, über ein Feuer, und erhitzen es so stark wir können, so werden wir bemerken, daß die Temperatur des Wassers stets auf Null Grad bleibt, so lange noch nicht alles Eis geschmolzen ist. In gleicher Weise wird daher auch die flüssige Erdmasse nirgends einen höheren Wärmegrad, als den des Schmelzungsgrades haben können, da auf ihr die ungeschmolzene Rinde sich befindet.

9) zu S. 170. Dieser Einwand beruht überdies auf der ganz irrthümlichen Voraussetzung, daß die Erde eine homogene, ganz gleichartige Masse gebildet habe. Wir wissen aber, daß im Innern sich viel schwerere Massen befinden müssen, da das specifische Gewicht der ganzen Erde doppelt so groß ist, als das

der Gesteine, welche die Rinde bilden. Von einem Unterſinken der erſtarrten Maſſen kann alſo auch aus dieſem Grunde keine Rede ſein.

10) zu S. 177. Wir wiſſen, daß Dämpfe, die mit den Gaſen in ihrem phyſikaliſchen Verhalten faſt nach allen Seiten hin übereinſtimmen, Druck nur bis zu einem gewiſſen Grade vertragen, der verſchieden iſt nach der Temperatur des Dampfes; über dieſe Grenze hinaus zuſammengepreßt, hören Dämpfe auf, luftförmig zu ſein, ſie werden tropfbar flüſſig, wie Waſſer. Man glaubte früher, daß Gaſe ſich dadurch von Dämpfen unterſchieden, daß ſie bei keinem Drucke tropfbar flüſſig würden und unter dieſer Vorausſetzung ſind auch jene Berechnungen für die Dichtigkeit der atmoſphäriſchen Luft angeſtellt. Sie iſt aber irrig; es iſt gelungen, mehrere Gaſe wirklich tropfbar flüſſig darzuſtellen, Faraday hat unter Anwendung künſtlicher großer Kältegrade Kohlenſäure, Chlor, Stickſtoffoxydul, Schwefelwaſſerſtoff und viele andere wirklich flüſſig, ſelbſt feſt gemacht (Poggendorff's Annalen Ergänzgs.-Bd. II. p. 193 ꝛc.) und Aimé hat durch bedeutenden Druck, indem er Gaſe in große Tiefen des Meeres verſenkte, bei gewöhnlicher Temperatur ſelbſt für Gaſe, die Faraday nicht flüſſig machen konnte, daſſelbe Reſultat erhalten. (Eod. p. 228 ꝛc.) Nach ſeinen Verſuchen möchte vielleicht bei einem Drucke von 300 Atmoſphären jedes Gas flüſſig werden. Daß alle Gaſe, wenn auch nicht iſolirt, flüſſige und ſelbſt feſte Form annehmen können, das zeigen uns die chemiſchen Verbindungen; Sauerſtoff und Waſſerſtoff z. B. für ſich flüſſig zu machen, iſt noch nicht gelungen, ſowie ſie aber ſich verbinden, werden ſie beide als Waſſer flüſſig. Sowie aber die Dämpfe und Gaſe flüſſig werden, folgen ſie einem ganz anderen Geſetze in Beziehung auf Zuſammendrückbarkeit und Wärmecapacität, die Abnahme nimmt dann in einem viel langſameren Maaße zu. Es ſind daher alle derartigen Berechnungen, welche von nicht erwieſenen, zum Theil ſelbſt nachweisbar falſchen Vorausſetzungen ausgehen, wie z. B. die iſt, daß die atmoſphäriſche Luft für alle Druckgrade dem Mariotte'ſchen Geſetze entſpreche und nicht flüſſig werde, vollkommen werthlos, zum mindeſten nicht geeignet, einer Theorie, die darauf baſirt, Glauben zu verſchaffen. So hat man berechnet, daß im Centrum der Erde die Luft unter Zugrundelegung des Mariotte'ſchen Geſetzes um ſoviel dichter als Waſſer wäre, daß 167 Ziffern dazu nöthig wären, dies anzudeuten. Nach einer ſehr einfachen Rechnung wäre dann ein Hohlraum, der die Größe eines Würfels von 1 Linie hätte, ſovielmal ſchwerer, als die ganze Erde wirklich wiegt, daß 137 Ziffern dazu nöthig wären, dieſes auszudrücken.

11) zu S. 177. Auch über dieſen Gegenſtand ſind durchaus keine ſicheren Reſultate, auch nicht für geringe Druckgrößen von ein Paar Atmoſphären erhalten worden. Die meiſten Unterſuchungen beſchränken ſich nur auf ſehr geringe, nicht einmal ſo weit reichende Druckdifferenzen. Dieſe Unterſuchungen gehören zu den allerſchwierigſten und ſubtilſten, und die neueſten, zum Theil nicht übereinſtimmenden Verſuche haben nur gezeigt, daß man noch nicht mit Sicherheit ein Geſetz über das Verhältniß der Aenderung in der Wärmecapacität der Gaſe mit dem Drucke, den ſie erleiden, aufſtellen kann, und daß über die Menge der bei höherem Drucke frei werdenden Menge Wärme noch gar nichts ſicher geſtellt iſt. Welche Sicherheit daher der Theorie Prechtl's zukomme, die bei ihren Berechnungen auf unbekannte, und, wie er ſie annimmt, entſchieden unrichtige Geſetze über die Compreſſion der Luft, und ebenſo auf noch weniger bekannte Verhältniſſe über die Wärmezunahme mit der Zunahme des Druckes der Luft ſich ſtützt, wird nach dem Geſagten Jeder bemeſſen können. Ueber Erwärmung und Erkaltung von Gaſen durch plötzliche Volumsveränderung hat C. Aßmann in Poggendorff's Annalen Bd. 85. p. 1 eine die hier herrſchende Unſicherheit klar nachweiſende Abhandlung veröffentlicht, auf die wir Leſer, die ſich darüber näher unterrichten wollen, verweiſen.

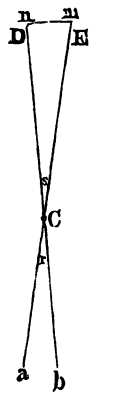
12) zu S. 182. Einen Irrthum wollen wir hier noch erwähnen, den Prechtl zu einer eigenthümlichen Deduction über die Sammlung von Wärme in jenen unterirdiſchen Höhlen, auf die wir hier nicht weiter eingehen wollen, benützt hat, nämlich den, daß in den unterſten Theilen einer ſolchen Spalte, nach ſeiner

Rechnung, jenseits der Tiefe von 6400 Klaftern gar keine Luft, sondern nur Wasserdampf sein könne, indem der Wasserdampf bei der dort herrschenden Temperatur von 120° eine größere Elasticität besitze als die Luft und diese daher aus jenen tieferen Räumen austreibe. Es widerspricht aber diese Voraussetzung direct den physikalischen Gesetzen, daß Dämpfe und Gase, die keine chemische Verwandtschaft zu einander haben — wie dies für Wasserdampf und Luft Statt findet — sich gerade so in einem Raume verbreiten, als sei jeder für sich allein in demselben. Keines verdrängt das andere; jedes folgt ganz unabhängig und unbeeinträchtigt den Gesetzen der mit der Temperatur zunehmenden Spannung und Elasticität, die es hätte, wenn der Raum außer ihm luftleer wäre. Es ist unbegreiflich, wie Jemand, der aus physikalischen Gesetzen Deductionen ableitet, eines der allereinfachsten, sichersten und wichtigsten Gesetze, das seit Langem bekannt ist, ignoriren kann, wie dies von Prechtl bei der Behauptung, daß sich in den tiefsten Regionen nur Wasserdampf befinde, geschehen ist. Dieser in jenen Tiefen allein vorhandene Dampf soll nun auch die Gesteine so zersetzen und verändern, daß sie als schlammartige Masse zum Vorschein kommen und mit den Dämpfen aus den Vulkanen ausgeschleudert werden; unter dieser Voraussetzung brauche man dann auch keine solche Hitze, als nöthig sei, die Lava zu schmelzen. Nach Prechtl ist nämlich die Lava nicht geschmolzen, sondern durch das heiße Wasser eine schlammartige Masse geworden. Daß die Lava wirklich die Hitzegrade habe, die sie braucht, um sie wieder zu schmelzen, das zeigt sie ganz einfach dadurch, daß sie alte, erkaltete Lavamassen wirklich wieder zusammengeschmolzen hat und durch viele der Wirkungen, die sie durch ihre Hitze ausübt, für die wir oben, pag. 81 ꝛc., genug Beispiele angegeben haben. Daß sie wirklich geschmolzene Masse sei, dies bedarf wohl keiner weiteren Beweise, und eine Theorie, die zu solchen Behauptungen führt, wie die, daß die Lava nicht geschmolzen sei, muß schon dadurch allein ein begründetes Mißtrauen gegen sich erregen.

# Neuntes Kapitel.

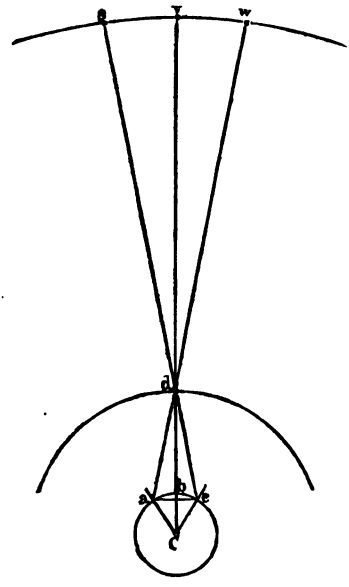
Mittel, die Entfernungen und Größe der Himmelskörper zu berechnen. Scheinbare Bewegungen derſelben. Unzulänglichkeit und Unwahrſcheinlichkeit der älteren Anſchauungsweiſe über die aſtronomiſchen Erſcheinungen.

Die Betrachtungen und Reſultate des Kap. II. haben uns die verſchiedenen Dimenſionen der Erde kennen gelehrt. Dieſe Dimenſionen bilden nun die *Baſis* für alle weiteren Berechnungen über Entfernung und Größe der Himmelskörper; ſie bieten uns die Baſis für das Ausmaaß der Dimenſionen des Himmels in demſelben Sinne, wie uns *eine* gemeſſene Linie eines Dreieckes zur Baſis diente, um eine große Reihe von anderen, damit zuſammenhängenden zu berechnen, ohne daß wir für dieſe etwas anderes nöthig hätten, als Winkel zu bemeſſen*). Denn auch alle dieſe aſtronomiſchen Berechnungen laufen darauf hinaus, aus *einer* durch frühere Rechnungen bekannt gewordenen Linie, einer Erddimenſion, — und zwei Winkeln, unter welchen von den Endpunkten dieſer Linie aus ein dritter Punkt erſcheint, das Dreieck, welches zwiſchen dieſen drei Punkten liegt, zunächſt ſeine beiden andern Seiten zu berechnen. Wir wollen dies an einigen Beiſpielen erläutern und dabei einige öfter vorkommende Ausdrücke erklären. Wenn man einen Körper C von a und b aus betrachtet, ſo erſcheint er von a aus auf der Wand D E in m, von b aus in n. Geht Jemand von a nach b, ſo ſcheint der Körper C ſeinen Ort zu verändern, er ſcheint ſich von m nach n bewegt zu haben. Dieſer Unterſchied n m heißt die *Parallaxe des Körpers* C (von dem griech.



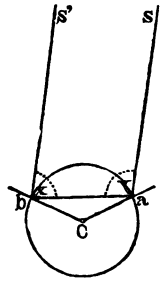

*) S. Kap. II. Anm. 2.

parallasso, ich verändere), der Winkel s, der gleich dem Winkel r ist (beide werden von den „Gesichtslinien" a C m und b C n gebildet), heißt, ebenso wie der Winkel r, der parallactische Winkel; der Punkt n sowohl, wie m, an welchen von a und b aus der Körper C erscheint, heißt der scheinbare Ort desselben.

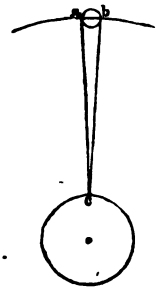



Es sei a b c die Erdkugel, s v w drei Sterne, die uns am Himmelsgewölbe erscheinen, d der Mond oder einer der Planeten. Betrachten wir nun denselben von b aus, so wird er uns vor dem Sterne v erscheinen, während er von a aus an dem Sterne w erscheint; er hat also für diese Entfernung a b die Parallaxe v w. Die Astronomen haben nun alle Berechnungen für die Entfernungen, Bahnen ꝛc. der Himmelskörper für deren Mittelpunkte angestellt. Der Ort, an welchem irgend ein solcher Körper, von dem Mittelpunkte der Erde aus gesehen, an dem Himmelsgewölbe sich zeigen würde, heißt sein „wahrer Ort." Eine Linie, von dem Mittelpunkte der Erde durch den des betrachteten Körpers gezogen, führt an den wahren Ort. Man sieht aus der Figur, daß ein Himmelskörper ebenfalls an seinem wahren Orte von der Oberfläche der Erde aus gesehen wird, wenn er sich senkrecht über dem Beschauer befindet (wie d über b); von allen übrigen Theilen der Erdoberfläche gesehen, zeigt er sich an einem „scheinbaren Ort." Der Unterschied zwischen beiden ist eigentlich seine Parallaxe. Kennt man nun die Größe des Bogens a b und die Entfernung der Sterne v w ebenfalls nach Graden, so hat man in dem Dreiecke a C d den Winkel a C d, den Winkel a d C (der ja gleich dem parallactischen Winkel v d w ist) und die Linie a C, den bekannten Halbmesser der Erde, und kann also daraus C d, d. h. die Entfernung des Körpers d vom Centrum der Erde und von deren Oberfläche berechnen.

Man kann dies aber auch noch auf andere Weise bewerkstelligen. Man beobachte auf ein und demselben Meridian von a und c aus gleichzeitig z. B. den Mond d und messe den Winkel der Gesichtslinien a d und c d mit den Perpendikeln a C und C c. Aus der Entfernung des Punktes a und c nach Graden des Erdmeridianes kennen wir den Winkel a C c, also in dem Dreiecke a C c. 2 Seiten (die beiden Halbmesser a C und c C) und den von ihnen eingeschlossenen Winkel, können also daraus die Linie a c ihrer Länge nach berechnen, und ebenso die Winkel C a c und C c a. Für das Dreieck a c d haben wir nun auf diese Weise kennen gelernt die Linie a c und ebenso, wenn wir von den beobachteten Winkeln d a C und d c C die Winkel C a c und C c a abziehen, die Winkel d a c und d c a. Daraus finden wir nun wiederum die Länge der Linien a d oder c d, d. h. die Entfernung des Mondes von a wie von d. Man hat dieselbe zu circa 50,000 geogr. Meilen gefunden. Es ist einleuchtend, daß nun Alles darauf ankommt, den parallactischen Winkel möglichst genau zu messen. Je ferner der Gegenstand uns rückt, desto kleiner wird der Winkel, desto größer die Fehler [1]), und da es für unsere Instrumente Grenzen giebt, über welche hinaus wir mit Genauigkeit kleine Winkel nicht mehr messen können, so giebt es auch Entfernungen, die wir nicht mehr berechnen können [2]). Ein Beispiel hierfür liefern uns die Fixsterne, wenn wir ihre Entfernung von der Erde in der Weise, wie es für den Mond angegeben wurde, zu berechnen suchen. Mißt man z. B. auf einem Meridiane an zwei möglichst weit von einander entfernten Punkten die Winkel, unter denen ein Fixstern s erscheint und sucht daraus die beiden Winkel x und y zu berechnen, so findet man stets, daß sie 2 rechte zusammen ausmachen, d. h. daß die Linien a s und b s' einander parallel laufen, mit andern Worten keinen parallactischen Winkel machen, sich nicht zu einem Dreiecke schließen. Wir sind daher auch nicht im Stande, etwas über die Entfernung des Sternes s anzugeben. Nun ist aber offenbar, daß die beiden Linien a s und b s' doch nicht parallel laufen können, sie gehen ja in der That nach einem Punkte hin, der Stern s, a und b müssen in der That ein Dreieck



bilden; daß wir dies nicht bemerken, rührt eben von der Unvollkommenheit unserer Instrumente her; der Winkel, den die beiden Gesichtslinien b s' und a s an dem Sterne wirklich machen, ist eben so klein, daß er für uns verschwindet. Wir wissen in einem solchen Falle nichts, als das, daß die Entfernung des Sternes noch größer ist, als die äußerste, die wir durch den gegenwärtigen Grad der Genauigkeit unserer Instrumente zu messen in den Stand gesetzt sind. Nun wird es auch einleuchtend sein, warum der parallactische Winkel eines der Erde näheren Himmelskörpers d, wie wir oben p. 191 behaupteten, wirklich durch die Entfernung der Sterne v und w nach Graden unmittelbar gegeben sei. Eben weil diese so weit entfernt sind, daß sie selbst keine Parallaxe haben, die Linie a w und C w wirklich keinen Winkel mit einander zu machen scheinen, wie sie es in unserer Figur noch thun, sondern ebenfalls parallel zu sein scheinen. Wie wir aber aus der Parallaxe die Entfernung eines Himmelskörpers berechnen können, so dient sie uns, wenn wir diese nun wissen, dazu, auch die Größe desselben zu messen. Es sei z. B. a b der Mond; mißt man nun an einem Punkte der Erdoberfläche den Winkel, den die beiden Gesichtslinien a c und b c mit einander machen, so hat man in dem Dreiecke a b c den Winkel c und die Seiten a c und b c (die bekannte Entfernung des Mondes) und kann daraus die Größe von a b, d. h. den wahren Durchmesser desselben bemessen. Der Winkel, unter welchem von c aus a b erscheint, heißt der scheinbare Durchmesser desselben.




Nachdem wir auf diese Weise die Mittel und Wege kennen gelernt haben, Entfernung und Größe der Himmelskörper zu bestimmen, wenden wir uns zu einer Betrachtung der Bewegungs-Erscheinungen an denselben zurück. Beobachten wir von der Erde aus die Erscheinungen am Himmel mit bloßem Auge, so werden wir bald darauf kommen, sämmtliche auf diese Weise sichtbaren Himmelskörper nach ihrer scheinbaren Bewegung in zwei Abtheilungen zu bringen. Die erste Abtheilung umfaßt die Mehrzahl der Sterne. Wir bemerken an ihnen, daß sie alle gleichmäßig Jahr aus Jahr ein in derselben Zeit dieselben Kreise um die Erde beschreiben. Richten

wir eine Uhr genau so, daß sie 24 Stunden anzeigt von dem Momente, wo ein bestimmter Stern seinen höchsten Stand über dem Horizonte des Beobachters erreicht hat, „culminirt", bis er zum zweiten Male denselben einnimmt, so werden wir finden, daß diese Zeit für immer dieselbe bleibt und ebenso für alle Sterne dieser Abtheilung die gleiche. Sie beträgt 24 Stunden weniger 4 Minuten, einen sogenannten „Sternentag", im Gegensatz zu unserm 24stündigen „Sonnentag." Unseren, nach der Sonne gerichteten Uhren nach scheinen sie also alle Tage um 4 Minuten früher aufzugehen. Richten wir nun noch ein Fernrohr auf einen Stern und stellen es fest, wenn derselbe seinen höchsten Stand erreicht hat, so werden wir ihn jedesmal durch dasselbe Fernrohr genau an derselben Stelle wieder erblicken, im Herbst gerade so, wie im Winter, im Sommer wie im Frühling [3]). Es kommt uns gerade so vor, als ob diese Sterne festgeheftet wären an das Himmelsgewölbe und mit diesem in unverrückter Stellung sich um die Erde herumwälzten. Deßwegen haben sie auch den Namen Fixsterne (stellae fixae) erhalten [4]). Neben diesen bemerken wir aber noch eine zweite Abtheilung, die viel geringer an Zahl sind und höchst eigenthümliche Bewegungen erkennen lassen. Sie haben daher auch den Namen Planeten (irrende, schweifende Sterne) erhalten. Zu diesen gehörten die Sonne, der Mond, Venus, Jupiter, Mars und die übrigen von uns jetzt ausschließlich Planeten genannten Körper, so wie die Kometen (Haarsterne). Gemeinschaftlich mit den Fixsternen kommt auch diesen eine einmalige Umdrehung von Osten nach Westen mit dem ganzen Himmelsgewölbe zu; aber außerdem zeigen sie noch andere Bewegungen. Betrachten wir die Sonne an einem Morgen, wenn sie aufgeht und sehen, daß sie dann an einem bestimmten Fixsterne steht, so finden wir, daß den nächsten Tag bei Sonnenaufgang die Entfernung desselben von der Sonne sich vergrößert hat. Beobachtet man ein Jahr hindurch die Sterne, bei welchen die Sonne auf- und untergeht, so findet man, daß dieselben einen den Himmelsäquator schräg durchschneidenden Kreis am Himmel einschließen, welchen die Sonne gerade in einem Jahre zu durchlaufen scheint. Dieser Kreis wurde schon von den Alten der „Thierkreis" genannt. Die scheinbare Bahn der Sonne selbst „Ekliptik" [5]). Wir bemerken also an der Sonne eine tägliche, in 24 Stunden vollbrachte scheinbare Um-

drehung um die Erde von Osten nach Westen und zugleich eine in einem Jahre vollbrachte, entgegengesetzte von Westen nach Osten. An den Fixsternen beobachten wir, daß sie täglich durch alle Zeiten hindurch genau nach Verlauf derselben Zeit und an demselben Punkte aufgehen, culminiren und untergehen. Die Sonne verändert jedoch nicht nur die Zeit ihres Aufganges beständig — die eine Hälfte des Jahres (21. Dezember bis 21. Juni) nimmt der Zwischenraum zwischen einem Aufgang und dem folgenden immer ab, die andere Hälfte (21. Juni bis 21. Dezember) wird der Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Aufgängen immer länger — sondern auch den Ort ihres Aufganges, ihrer Culmination und ihres Unterganges. Der Bogen, den sie über die Erde beschreibt, wird für uns ein halbes Jahr lang größer, dann ein halbes Jahr lang immer kleiner. Sie scheint einen schraubenförmigen Lauf am Himmelsgewölbe zu haben. Eine ähnliche Bewegung scheint der Mond zu haben, nur mit dem Unterschiede, daß er außer der täglichen Umdrehung um die Erde von Osten nach Westen die einmalige um das Himmelsgewölbe von Westen nach Osten schon in circa 27 Tagen 7¾ Stunden — dem sogenannten periodischen Monate, nach welchem der Mond wieder bei demselben Fixsterne steht — zurücklegt. Schon sehr frühe hatte man erkannt, daß die verschiedenen Lichtformen, die sogenannten Phasen des Mondes, von seiner Beleuchtung durch die Sonne herrührten. Je nachdem er uns ein immer größeres Stück der beschienenen Fläche zukehrt, ist er im Zunehmen, im entgegengesetzten Falle im Abnehmen. Befindet sich die Erde gerade zwischen dem Mond und der Sonne, so ist Vollmond. Den Zeitraum von einem Vollmond bis zum andern nannte man „synodischen Monat." Dieser fällt mit dem periodischen nicht zusammen. Der Mond culminirt nach 27⅓ Tag bereits wieder bei demselben Fixsterne, hat den einmaligen Umlauf um das ganze Himmelsgewölbe von Westen nach Osten in dieser Zeit zurückgelegt, aber ist in dieser Zeit noch nicht wieder voll, steht der Sonne noch nicht gerade gegenüber.

Noch viel verwickelter sind die Bewegungen, welche die übrigen Planeten darzubieten scheinen. Auch sie haben, wie alle übrigen Gestirne, eine tägliche von Osten nach Westen um die Erde; außerdem aber eine scheinbar höchst unregelmäßige. Bald laufen sie in der-

selben Gegend wie Sonne und Mond, im Thierkreise, ein Stück von Westen nach Osten, dann gehen sie auf einmal wieder von Osten nach Westen zurück, „werden rückläufig"; bald vollführen sie diese Bewegung langsam, dann scheinen sie sehr schnell zu eilen, so daß ihre Bewegungen für die alten Astronomen zu den räthselhaftesten Erscheinungen gehörten. Von den Sternen der zweiten Abtheilung bemerkt man hie und da, daß sie scheinbar Sterne der ersten und selbst sich gegenseitig verdecken, der Mond z. B. irgend einen Fixstern, ein Planet den anderen. Nie aber wird das wahrgenommen, daß ein Stern der ersten Abtheilung einen der zweiten bedecke. Jene müssen also weiter von der Erde entfernt sein als diese, da sie von diesen scheinbar verdeckt werden.

Schon eine kürzere Beobachtungszeit reicht hin, um die bis jetzt erörterten Bewegungserscheinungen zu zeigen. Eine lange Reihe von Jahren hindurch fortgesetzte Betrachtung des Himmelsgewölbes ließ schon den Alten eine weitere allgemeine des ganzen Himmelsgewölbes erkennen. Wenn die Sonne an Frühlings-Tag- und Nachtgleiche, an einer bestimmten Stelle des Thierkreises — wir nehmen an im Zeichen des Widders — aufgeht, so geht sie genau nach einem Jahre, wenn wieder Tag- und Nachtgleiche ist, nicht mehr genau an demselben Punkte auf; sie hat denselben schon etwas eher erreicht, nach Verlauf des sogenannten tropischen Jahres, das also etwas kürzer ist, als das sidérische, genau von einer Tag- und Nachtgleiche zur andern reichende. Es scheint, als ob die Zeichen des Thierkreises der in einem Jahre durch dieselben von Westen nach Osten laufenden Sonne etwas von Osten nach Westen entgegeneilten. Man hat diese Erscheinung „das Vorrücken der Nachtgleichen" genannt. Erst in 72 Jahren beträgt dasselbe etwa einen Grad; nach c. 25000 Jahren wird diese Bewegung einen vollen Kreis betragen haben, an Tag- und Nachtgleiche die Sonne nach und nach in allen Thierkreiszeichen gestanden sein. Nach dieser Zeit, dem sogenannten „großen Platonischen Jahr", wird dann die Sonne genau wieder an demselben Punkte des Thierkreises zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche stehen. An dieser Bewegung nimmt das ganze Himmelsgewölbe mit allen Sternen Theil. Sie scheinen alle in diesen 25000 Jahren sich einmal um die Pole der Ekliptik zu drehen, so daß auch immer andere Sterne in der Richtung der verlän-

rten Erdachse erscheinen. Wir haben daher für alle Himmelskörper eine zweifache, für die zweite Klasse selbst eine dreifache rt der scheinbaren Bewegung kennen gelernt:

1) eine tägliche, in circa 24 Stunden um die Erde erfolnde, von Osten nach Westen;

2) eine in 25000 Jahren vollendete um die Pole der Ekliptik;

3) für die Planeten noch außerdem eine von verschiedener auer durch den Thierkreis von Westen nach Osten erfolgende, it scheinbaren höchst auffallenden Unregelmäßigkeiten einzelner laneten.

Wie lassen sich nun diese eigenthümlichen Bewegungen erären? Finden sie wirklich so Statt, wie sie uns vorzukommen heinen, oder trügt uns der Schein? Bewegt sich wirklich das nze Weltall um die allein unbewegliche Erde? Unter dieser oraussetzung, daß die Erde unbeweglich sei, suchte A. Ptolemäus 138 n. Chr.) in seinem Werke Almagest die Bewegungen der immelskörper zu erklären. Nach ihm sind acht krystallene, vollmmen durchsichtige Sphären, an welche angeheftet die Planeten nd die Fixsterne um die Erde gedreht werden. Sie folgten in lgender Ordnung aufeinander: Sphäre für Mond, Merkur, enus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn, Fixsterne. Dann wurden ch zwei besondere zur Erklärung des Vorrückens der Nachteichen ꝛc. angenommen und als elfte das Primum mobile, welche le übrigen täglich von Osten gegen Westen herumtreibt.

Je näher und genauer man beobachtete, je besser man zueich die Entfernungen der Himmelskörper zu berechnen verstand, esto unzureichender wurden jene Vorrichtungen, um die beobachten Erscheinungen zu erklären, desto unwahrscheinlicher jene Vorusſetzungen, unter deren Zugrundelegung man diese Erklärung rsuchte. Man mußte immer neue und complicirte Hypothesen sinnen und doch reichten auch diese wiederum für genauere Bebachtungen nicht aus, so daß jede vollkommnere Beobachtung die nvollkommenheiten des alten Systemes in immer helleres Licht tzte. Manche Erscheinungen ließen sich geradezu gar nicht erären, die bewunderungswürdige Regelmäßigkeit und Gesetzmäßigit, die wir jetzt in den Bewegungen der Himmelskörper erkennen, urde, der alten Theorie zu lieb, zur unerklärlichsten und verickeltsten gestempelt, die man sich denken kann. Betrachtete man

einen Planeten, z. B. den Jupiter, in verschiedenen Jahren, so bemerkte man, daß er an derselben Stelle seines Laufes, wenn er vor denselben Sternen erschien, außerordentlich verschieden an Größe sich zeigte, was bei der Annahme, daß die Erde im Mittelpunkte seiner Bahn liege, ganz unerklärlich ist. Um die Rückläufigkeit der Planeten, ihr scheinbares, hie und da eintretendes Hin- und Herbewegen am Himmel zu erklären, mußte man die unerklärlichsten, verschlungensten Bahnlinien annehmen[6]). Genauere Zeitbestimmungen ließen erkennen, daß die scheinbare 24stündige Bewegung des Himmelsgewölbes auch keine regelmäßige sei und nicht ausreiche, um die Bewegung der Sonne im Vergleich mit der der Fixsterne zu erklären. Während nämlich diese richtig und genau zu einer Umdrehung so lange brauchten, wie zur andern, verflossen ungleiche Zeiträume von einer Culmination der Sonne zu der andern, was sich deutlich an der Nichtübereinstimmung der Sonnenuhren mit den gewöhnlichen zu erkennen giebt. Wir wissen, daß die Sonne circa 20 Millionen Meilen von uns entfernt ist, und die Erde fast 1½ Millionen mal an Größe übertrifft. Sollte sie sich um die Erde in 24 Stunden bewegen, so müßte sie täglich einen Weg von 120 Mill. Meilen, Saturn einen von 1200 Mill. zurücklegen. Von den unendlich weiter entfernten Fixsternen und der Schnelligkeit, die für diese nothwendig angenommen werden müßte, damit sie, wie alle anderen Gebilde, ebenfalls gerade in 24 Stunden ihren Lauf um die gegen sie verschwindend kleine Erde zurückzulegen, wollen wir jetzt noch ganz absehen, nur noch das bemerken, daß der nächste der Fixsterne, um diesen 24stündigen Umlauf zu vollenden, in einer Secunde 300 Millionen Meilen zurücklegen müßte, andere entferntere selbst über 31600 Millionen Meilen in einer Secunde, eine Strecke, zu welcher eine Kanonenkugel, wenn sie mit unverminderter Schnelligkeit fortflöge, circa 3170 Jahre brauchen würde.

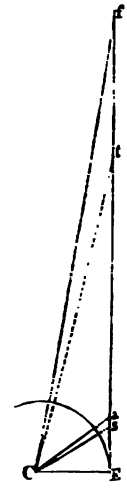
Wenn irgend eine Wissenschaft, so liefert die Astronomie den besten Beweis, wie eine vorgefaßte Meinung und Theorie auch bei dem sorgfältigsten Beobachten der objectiv wahrnehmbaren Erscheinungen nur zu immer größeren Irrthümern hinführt, von der Wahrheit immer weiter abbringt. Jede neue und genauere Beobachtung, statt die Einsicht in die Verhältnisse und das Verständniß der Himmelserscheinungen zu vermehren, ließ sie nur noch

verwirrter, noch räthſelhafter erſcheinen. So gewaltig war die Macht des Scheines, daß das Ptolemäiſche Syſtem, das gar nichts als dieſen trügeriſchen Schein für ſich hatte, noch über 1500 Jahre nach Chriſti Geburt wie ein Alb auf dem Geiſte der Aſtronomen laſtete, und erſt nach langen Kämpfen das einfachere, wahre, naturgemäße Copernicaniſche ſich eine unbedingte Anerkennung verſchaffen konnte. Wir, denen mit dem erſten Unterrichte, mit den Anfangsgründen in der Geographie, ſchon die Lehre von der täglichen und jährlichen Bewegung der Erde zu eigen gemacht wird, können uns nicht leicht eine Vorſtellung machen von der Revolution, die jenes Syſtem des Copernicus in der ganzen Anſchauungsweiſe der Menſchen hervorbringen mußte und dürfen den hartnäckigen Widerſtand, den die Lehre von der Bewegung der Erde erfuhr, nicht allzuſtrenge beurtheilen, ja wir werden ihn ganz natürlich finden, wenn wir recht bedenken, was das eigentlich hieß, der neuen Theorie zu folgen, die alte zu verlaſſen. Wurde doch durch dieſe die ganze bisherige Weltanſchauung verrückt, die Erde, die man als Mittelpunkt der ganzen Schöpfung bis dahin anzuſehen gelehrt und gewohnt war, aus dieſer ihrer vorragenden Stellung gedrängt, aus einem Herrſcher, dem Alles diente, zu einem unbedeutenden, gegen die übrigen Sterne zu einem Nichts herabſinkenden Vaſallen gemacht! Und das Alles nur einer bequemeren Berechnung zu lieb! Denn mehr hatte im Anfange das Copernicaniſche Syſtem nicht für ſich; eigentlich zwingende Beweiſe für die Bewegung der Erde waren nicht vorhanden, nur einfacher, leichter erklärlich und faßlicher wurden die verwickelten Bewegungserſcheinungen der Himmelskörper unter Zugrundelegung jener Theorie. Wäre nicht ſpäter in der That gelungen, auch directe Beweiſe für die verſchiedenen Bewegungsarten der Erde beizubringen, wir müßten es gerechtfertigt finden, wenn auch heute noch ein großer Theil an dem alten Syſteme feſthielte. Aber eben dieſe Beweiſe ſind ſo beſtimmt und zwingend, daß von einer Wahl zwiſchen den zwei Syſtemen gar nicht mehr die Rede ſein kann. Früher konnte man noch ſchwanken, ſo lange es ſich noch darum handelte, welches Syſtem plauſibler und einfacher wäre, ſo lange das Copernicaniſche nur dieſe Vorzüge vor dem älteren hatte. Jetzt iſt aber die Sachlage anders. Wenn auch die alte Theorie die Erſcheinungen noch leichter und einfacher erklären könnte, als das

einen [illegible] mußten wir doch dieses als das wahre merkte [illegible] die Bewegung der Erde beweisen können. vor [illegible] zunächst zu einer kurzen Darstellung Grö[illegible] demselben, und werden dann die übrigen pun[illegible] Bewegungen der Erde und der übrigen Planeten la[illegible] [illegible]chen Systeme angeben.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum neunten Kapitel.

[1]) zu S. 192. Es sei C E eine Linie eines Dreieckes. [illegible] sieht, wie mit dem Fernerrücken eines Punktes a nach t [illegible] f der Winkel, den die beiden Gesichtslinien von E und C [illegible] ihm bilden, immer kleiner wird. Zugleich sieht man aber [illegible], wie ein und derselbe Fehler, den man bei dem Messen dieses Winkels macht, immer bedeutendere Folgen hat. Messe [illegible] z. B. den Winkel a C E um das Stück a C s zu klein, so scheint mir der Körper statt in a in s zu sein, ich irre mich um das Stück a s. Messe ich nun den Winkel f C E und irre mich im Messen desselben um dieselbe Größe dem Bogenmaaß nach, so scheint mir dadurch der Körper in t zu sein, ich habe [illegible] dadurch um das Stück f t näher gerückt, d. h. mehr als zehnmal näher als a s! Je kleiner also C E im Verhältnisse zur Entfernung des Körpers von ihr wird, desto unsicherer werden die Resultate, die wir erhalten, desto mehr macht auch ein kleiner Messungsfehler aus.

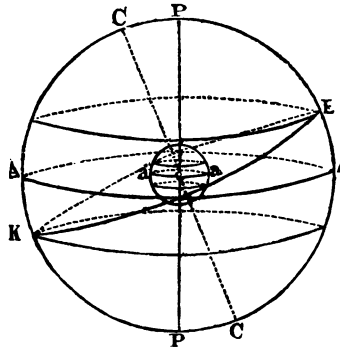



[2]) zu S. 192. Die Größe der Entfernungen, welche sich noch messen läßt, wuchs mit der Vervollkommnung der Instrumente. Je kleiner der Winkel wird, den wir noch genau messen können, desto weiter rückt diese Grenze hinaus, die sich eben nach der Länge der Linie C E und dem Winkel, den die von ihren Endpunkten aus nach einem fernen Gegenstande gezogenen Gesichtslinien bilden, richtet. So wie uns die Linien C f und E f parallel zu werden scheinen, ist die Grenze erreicht. Man theilt den Kreis bekanntlich in 360 Grade, jeden Grad in 60 Minuten, jede Minute in 60 Secunden. Der ganze Kreisumfang hat also 360 Grade, oder 21600 Minuten, oder 1.296000 Secunden. Um sich eine Vorstellung davon

machen zu können, was ein Grad, Minute, Secunde heiße, diene die nebenstehende Figur. Der Winkel zwischen den Linien a C und b C beträgt gerade zwei Grade. Wird das Verhältniß der Linien a b : b C wie 1 : 3400, so ist der Winkel eine Minute groß, dagegen ist bei einem Winkel von einer Secunde das Verhältniß von a b : b C wie circa 1 : 200,000. Würde man von dem Centrum der Erde aus zwei Linien nach der Oberfläche derselben ziehen, welche einen Winkel von einer Secunde mit einander bilden sollen, so würden sie auf dieser an zwei Punkten zum Vorschein kommen, die nur 180 F. von einander entfernt sind. Die Instrumente, welche man nun zum Messen der Winkel an Fernrohren angebracht hat, sind nach und nach zu einem bewunderungswürdigen Grad der Feinheit und Sicherheit gebracht worden. Zu Zeiten Tycho de Brahe's galt es als erstaunenswürdig, daß dieser eine Minute genau messen konnte; in der neuesten Zeit hat man an Frauenhofer'schen Instrumenten Vorrichtungen angebracht, mit denen man noch Zehntelssecunden direct messen kann!

3) zu S. 194. Daß wir im Sommer andere Sterne sehen, als im Winter, rührt eben von der Ungleichheit des Sternen- und Sonnentages her, deren Erklärung weiter unten folgen wird. Nach der Sonnenzeit gerechnet, geht eben ein Stern jeden Tag 4 Minuten früher auf und unter, und daher kommen immer andere zum Vorschein.

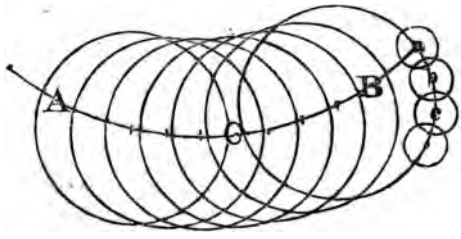
4) zu S. 194. Es scheint uns also der Himmel ein unermeßliches Gewölbe, als eine Hohlkugel, in deren Mittelpunkt sich die Erde a a befindet. Die Erdachse fällt mit der Achse, um welche sich dieses Gewölbe dreht, zusammen. Die Enden dieser Weltachse sind die Himmelspole P. Parallel dem Erdäquator a a verläuft daher auch der Himmelsäquator A A, parallel den Erdmeridianen die Himmelsmeridiane, die s. g. Declinationskreise, parallel den Parallelkreisen der Erde, die Parallelkreise des Himmels, die s. g. Tagekreise. Gerade Aufsteigung, Rectascension, ist der Bogen des Aequators oder einer seiner Parallelen vom ersten Declinationskreis, der durch den Frühlingsäquinoctialpunkt geht, zu einem jeden anderen in Graden von West nach Osten, also von A nach A' gezählt, ausgedrückt. Von dem Punkte A' oder jedem auf dem Meridiane P A' stehenden Sterne sagt man daher, er hat 90° Rectascension oder 6 Stunden Rectascension. Eine Linie von dem Orte eines Beobachters senkrecht an das Gewölbe gezogen, trifft dort den Scheitelpunkt oder Zenith desselben, der demselben diametral entgegengesetzte Punkt heißt Fußpunkt oder Nadir. Der Kreis, welcher durch diese beiden Punkte gezogen gedacht wird, ist der Meridian eines Ortes.




5) zu S. 194. Verfolgt man nämlich genau die Sterne, bei welchen die Sonne, von der Erde aus betrachtet, aufgeht, so bemerkt man, daß dieselben einen Kreis bilden, welcher unter $23\frac{1}{2}^0$ den Aequator des Himmels durchschneidet (E K der vorigen Figur). Eine Linie, durch das Centrum der Erde und das Centrum der Ekliptik senkrecht auf der Ebene derselben gezogen, ist die Achse der Ekliptik, deren Enden C C die Pole der Ekliptik sind. Parallel dem Aequator der Ekliptik gegen die Pole derselben zu laufen die Breitekreise des Himmels. An Frühlings-Tag- und Nachtgleiche steht die Sonne, von der Erde aus betrachtet, im Zeichen des Widders, wo sich Ekliptik und Aequator

ſchneiden. Dann wendet ſie ſich ſcheinbar nach Norden und erreicht ihren höchſten Stand in E, von wo ſie ſich wieder nach Süden zu wendet, „Wendekreis des Krebſes.“ Im Herbſte (21. Sept.) kommt ſie zu dem zweiten Durchſchnittspunkte des Aequators und der Ekliptik, ſteht im Zeichen der Wage, geht dann noch weiter nach Süden, bis ſie in K, im „Wendekreiſe des Steinbocks“, ihren ſüdlichſten Stand erreicht hat und nun wiederum nach Norden ſich zurückbegiebt.

6) zu S. 198. Mit Hülfe der ſ. g. „Epicyclen“ ſuchte man ſich dieſe unregelmäßigen Bewegungen zu veranſchaulichen. Unter Epicyclus verſtand man einen Kreis, deſſen Mittelpunkt um einen Punkt der Peripherie eines anderen größeren Kreiſes gezogen wird. Man nahm nun an, daß ein Planet während ſeiner Kreisbahn um die Erde zugleich noch in einem ſolchen kleineren Kreis einmal herumlief. Spätere genauere Beobachtungen ließen aber auch dieſe Annahme als unzureichend erſcheinen, und nun nahm man in dem Epicyclus noch einen weiteren zu Hülfe, ſo daß folgende drei Kreiſe zur Erklärung der Bewegung eines Planeten nöthig wurden: A C B derjenige, in deſſen Mittelpunkte die Erde ſteht, die größeren ausgezogenen, deren Mittelpunkte in die Peripherie des größeren A C B fallen, dann die kleinſten, deren Mittelpunkte a, b, c in die Peripherie der zweiten Kreiſe fallen. Dieſe dreifachen Kreiſe ſollte nun der Planet bei ſeinem Umlauf um die Erde beſchreiben und zwar in der Art, daß er, während er den Umlauf A B zurücklegte, zugleich eine halbe Kreisbewegung in einem Kreiſe, deſſen Mittelpunkt auf die Peripherie von A C B fällt, und noch dazu zugleich eine weitere Kreisbewegung, entſprechend einem der kleinſten Kreiſe, zu vollführen hatte. Seine Bewegung erſcheint nämlich ſo verwickelt, daß ſie, unter Vorausſetzung ſeines Umlaufs um die Erde, nur unter Zugrundelegung dieſer drei Kreiſe zur Beſtimmung ſeiner Bahn erklärt werden konnte. Aber auch dieſe Annahmen reichten nicht einmal aus, ſo daß ſich die Aſtronomen in die größte Verlegenheit geſetzt ſahen, wenn ſie jene Bewegungen zu enträthſeln verſuchten.



# Zehntes Kapitel.

s Copernicaniſche Syſtem. Erklärung aller Bewegungserſcheinungen am Himmel durch daſſelbe.

Nach dem vorigen Kapitel hatten wir an den Himmelskörpern ie dreifache Bewegung wahrgenommen:

1) eine tägliche, durch die das ganze Himmelsgewölbe mit en ſeinen Lichtpunkten eine Kreisbewegung von Oſten nach eſten machte;

2) eine in verſchiedenen Perioden von Weſten nach Oſten rch den Thierkreis vor ſich gehende an den Planeten, worunter hervorragendſte die jährliche der Sonne und die monatliche s Mondes;

3) eine 25000jährige, durch welche das ganze Gewölbe um e Pole der Ekliptik gedreht erſchien.

Alle dieſe Bewegungen erklärt nun Copernicus [1]) (geb. 1472, 1543) für ſcheinbare und hervorgerufen durch eine dreifache irkliche Bewegung der Erde: durch 1) eine 24ſtündige einlige Umdrehung um ihre Achſe, 2) eine jährliche Umkreiſung r Sonne in dem Thierkreiſe, und 3) eine 25000jährige Kreisegung der Erdachſe.

Die Stellung der verſchiedenen Himmelskörper zu einander rde dadurch folgende:

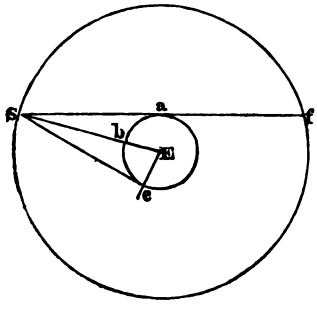
1) In der Mitte ſteht die Sonne. Um ſie kreiſen zunächſt ercur und Venus; dann kommt die Erde, nach ihr Mars, Juer, Saturn.

2) Der Mond iſt der einzige Himmelskörper, welcher die de umkreiſt.

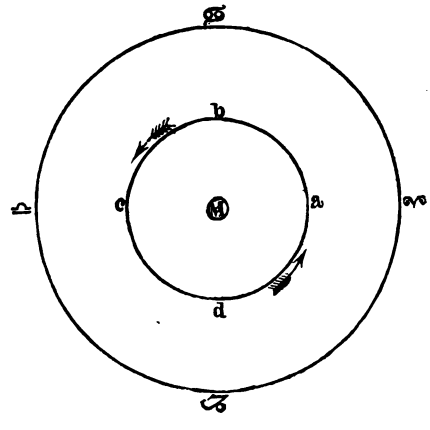
3) Jenſeits aller dieſer Gebilde in einer nicht zu bemeſſenden ntfernung und für uns ſcheinbar ohne alle Bewegung befinden h die Fixſterne.

Unter der Voraussetzung dieser Anordnung der Himmelskörper lassen sich nun alle Bewegungen, die man am Himmel wahrnimmt, auch die verwickeltsten Erscheinungen im Laufe der Planeten, auf das allereinfachste erklären, und zwar in folgender Weise:

1) Die scheinbare Umdrehung des Himmelsgewölbes von Osten nach Westen wird hervorgerufen durch eine wirkliche Rotation der Erde um ihre Achse von Westen nach Osten. Es sei E die Erde, in a stehe ein Beobachter und sehe nach einem eben aufgehenden Sterne s; wenn sich nun der Beobachter in der Richtung von a nach b bewegt, so wird ihm der Stern immer höher und höher am Himmel heraufzukommen scheinen und in b gerade über ihm sich zeigen; von da an wird der Stern wieder tiefer hinab sich zu senken scheinen, bis er endlich nach und nach dem Beobachter am Horizont im Westen verschwindet. Ist nun der Beobachter wieder in a angelangt, so wird ihm derselbe Stern wieder im Osten erscheinen.

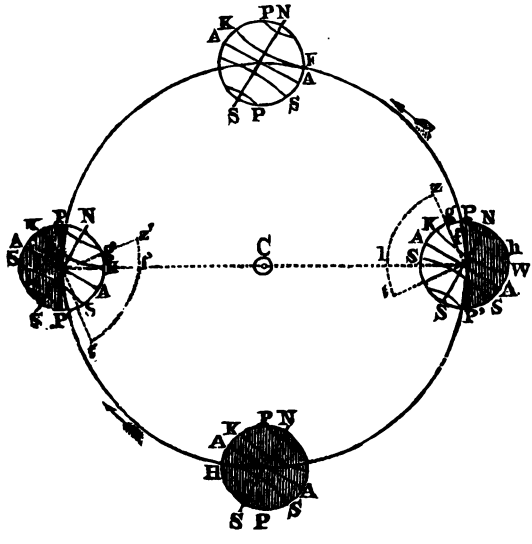



2) Die scheinbare jährliche Bewegung der Sonne im Thierkreise von Westen nach Osten wird durch eine Umkreisung der Sonne durch die Erde in derselben Richtung hervorgebracht. Es stelle ♋ ♎ den Thierkreis dar und die vier angegebenen Zeichen entsprechen dem Stande der Sonne in den vier Jahreszeiten. Vor ♈ (Widder) erscheint die Sonne am 21. März, vor ♋ (Krebs) am 21. Juni, vor ♎ (Wage) am 21. September, vor ♑ (Steinbock) am 21. Dezember. Nehmen wir nun an, die Erde sei



in M, so wird die Sonne auf der Bahn a b c d auf a vor ♈, auf b vor ♋, auf c vor ♎, auf d vor ♑ erscheinen, also vom 21. März bis dahin zum nächsten Jahre die Bahn a b c d zurücklegen. Ganz dieselbe Erscheinung bietet sich aber auch dar, wenn wir die Erde in derselben Richtung uns um die Sonne laufend denken, nur steht sie in diesem Laufe stets auf dem gegenüberliegenden Punkte des Kreises, den man früher für die Bahn der Sonne angenommen hat; im Frühjahr steht die Erde in c, dann erscheint ihr hinter der Sonne M richtig das Zeichen des Widders (♈); steht sie dann am 21. Juni in d, so scheint die Sonne im Krebs (♋) zu stehen; in a, am 21. September, erscheint ihr die Sonne in der Wage (♎); hat sie am 21. Dezember den Punkt b erreicht, so steht die Sonne im Steinbock (♑). In Beziehung auf den Stand der Sonne im Thierkreise ergiebt sich also dieselbe Erscheinung, ob wir uns die Erde in M denken und die Sonne von a über b und c um sie laufend, oder die Sonne in M und die Erde von c über d und a sich bewegend.

3) Die scheinbare schraubenförmige Bewegung der Sonne am Himmel, ihr verschiedener Stand in den verschiedenen Jahreszeiten ist eine Folge der schiefen Stel-

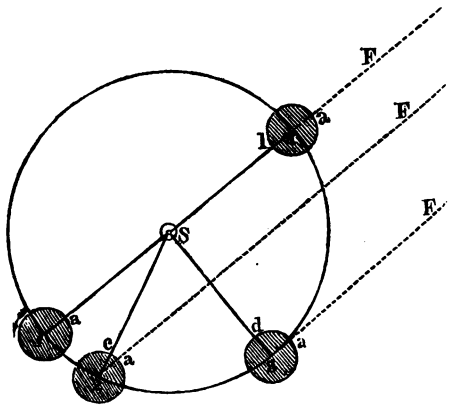


lung der Erdachse auf ihrer Bahn, die auf allen Punkten derselben sich gleich bleibt. Es sei in C die Sonne, W, F, S, H der Stand der Erde im Winter, Frühling, Sommer und Herbst, N bedeute den Nordpol, S den Südpol, A den Aequator, K und s die Wendekreise des Krebses und Steinbockes, P P die beiden Polarkreise. Die Erdachse N S sei nun unter einem Winkel von 66½° (dem Ergänzungswinkel von dem Winkel der Ekliptik, 23½°, zu einem rechten) gegen die Ebene ihrer Bahn geneigt und behalte diese Neigung unverändert bei, so sieht man, daß im Winter (W) ein großer Teil der nördlichen Halbkugel nicht beleuchtet ist, von der südlichen dagegen ein größerer Theil von den Sonnenstrahlen getroffen wird. Dreht sich nun in W die Erde von K nach W um ihre Achse, so wird bei dieser Stellung doch nichts von dem zwischen dem Pole und dem nördlichen Polarkreis gelegenen Erdtheile über den unerhellten Theil hinauskommen, dagegen am Südpol, auch bei einer vollen Umdrehung der Erde, die zwischen dem Südpolarkreise und dem Südpole gelegenen Theile der Erde nicht über die Beleuchtungsgrenze P P' hinüberrücken. Der Nordpolarkreis wird während einer Umdrehung immer Nacht, der Südpolarkreis immer Tag haben, jener die Sonne nicht aufgehen, dieser nicht untergehen sehen. Nehmen wir einen Punkt g auf der nördlichen Halbkugel, so sehen wir, daß derselbe einen größeren Theil der 24stündigen Achsendrehung die Sonne nicht sieht. Er sieht sie nämlich so lange nicht, bis der Punkt g von f den vollen Bogen von f nach h und von da auf der entgegengesetzten Seite einen ebenso großen bis zur Grenze von Licht und Schatten beschrieben hat. Er hat also um die Zeit, welche die Erde länger braucht, um das doppelte Stück Bogen f h als den doppelten Bogen g f zurückzulegen, länger Nacht als Tag, indem nur der doppelte Bogen g f (auf der vorderen dem Beschauer zugekehrten Hälfte und ein ebenso großer auf der hinteren Seite der Erdkugel) in den Bereich der Sonnenstrahlen fällt. Je mehr man sich nun dem Aequator von dem Nordpol her nähert, desto geringer wird dieser Unterschied; man sieht aus der Figur, daß ein Punkt des Aequators selbst gleich lang Tag wie Nacht hat, indem die Beleuchtungsgrenze P P" gerade den Aequator halbirt. Geht man nun weiter gegen Süden zu, so sieht man, wie in demselben Verhältnisse, wie auf der nördlichen Hälfte die Beschattung, hier die Beleuchtung der südlichen Hemisphäre zu-

nimmt, ſo daß der Südpolarkreis ſchon während einer Umdrehung beſtändig den Sonnenſtrahlen ausgeſetzt iſt. Die nördliche Halbkugel hat Winter, die ſüdliche dagegen Sommer. Iſt nun die Erde in F angelangt, ſo ſieht man, wie ebenſo gut der Nordpol wie der Südpol von den Sonnenſtrahlen getroffen werden, alſo jeder Punkt der nördlichen und ſüdlichen Hälfte gleich lang Tag und gleich lang Nacht hat, indem, wie ſich aus der Figur ergiebt, die Beleuchtungsgrenze mit einem Meridiane zuſammenfällt. Da nun jeder Meridiankreis alle Parallelkreiſe halbirt, ſo befindet ſich jeder der letzteren während einer Umdrehung der Erde auf der einen Hälfte derſelben den Sonnenſtrahlen ausgeſetzt, auf der andern nicht. Für die nördliche Halbkugel iſt Frühlings-Tag- und Nachtgleiche, für die ſüdliche aber Herbſt-Tag- und Nachtgleiche. Von dieſem Stande an bis S ändert ſich nun das Verhältniß zu Gunſten der nördlichen Halbkugel, deren Sommer in S eingetreten iſt, während die ſüdliche nun Winter hat. Es iſt das umgekehrte Verhältniß von dem Stande in W. Der Nordpolarkreis hat eine ganze Umdrehung Tag, die Sonnenſtrahlen fallen ſenkrecht noch auf K, den Wendekreis des Krebſes, ſie hat ihren höchſten Stand für die nördliche Halbkugel erreicht. Von da an bis H nimmt nun der Tag auf der nördlichen Halbkugel wieder ab, auf der ſüdlichen zu, bis in H wieder die Beleuchtungsgrenze mit einem Meridiankreiſe zuſammenfällt; wir ſehen die eine, von der Sonne abgewendete Hälfte, die genau vom Nordpol zum Südpol reicht. Es iſt Herbſt-Tag- und Nachtgleiche für die nördliche, und Frühlings-Tag- und Nachtgleiche für die ſüdliche Halbkugel; erſtere geht ihrem Winter, letztere ihrem Sommer nach W entgegen. — Man kann ſich aus der Figur auch leicht über die verſchiedene Höhe, welche die Sonne für einen beſtimmten Ort der Erdoberfläche am Himmel erreicht, unterrichten. Nehmen wir z. B. den Punkt g auf der nördlichen Halbkugel. Sein Zenith (Scheitelpunkt) iſt für ihn in der Richtung nach z. Unter S fallen die Sonnenſtrahlen bei der Stellung W ſenkrecht auf; um den Winkel, den die Linien C s und z g im Mittelpunkte der Erde mit einander machen, d. h. alſo um die Zahl der Grade des Bogen s g oder l z iſt für den Punkt g die Sonne von der ſenkrechten Stellung gegen den Horizont zu ſcheinbar geſunken, d. h. ſie erſcheint nur um den Bogen t l über dem Horizonte von g. Bei

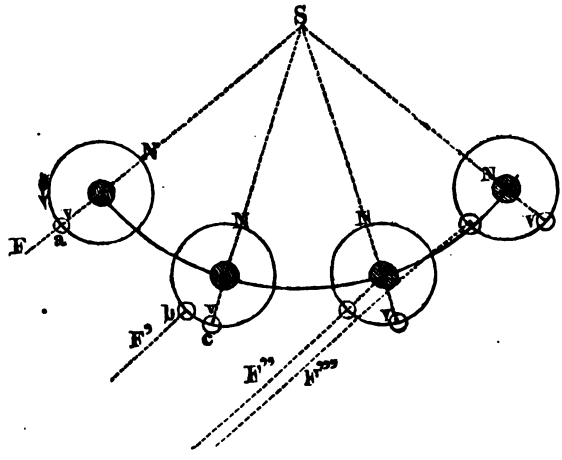
der Stellung S ist der Zenith für g wieder in Z', die Sonne steht senkrecht über K, hier ist sie nur um den kleinen Bogen g K oder Z' l', den die Linien Z g und C K am Mittelpunkte der Erde bilden, vom Zenith des Punktes g entfernt. Sie scheint also um den Bogen t' l' über dem Horizonte.

4) Die Differenz zwischen dem s. g. Sternentag und Sonnentag (s. p. 194), nach welchem ein bestimmter Stern täglich früher aufzugehen und zu culminiren scheint, rührt eben von der täglichen Veränderung der Stellung der Erde gegen die Sonne, in Folge ihres Laufes um dieselbe, her. Es sei in S die Sonne, um die die Erde in der Richtung von 1 nach 2 laufe und zugleich drehe sie sich in der Richtung des Pfeiles um ihre Achse. F F F sei ein Fixstern, von dem wir durch Beobachtung wissen, daß er so unendlich weit von der Erde entfernt ist, daß die Linien 1 F und 2 F, überhaupt alle die von irgend einem Punkte der Erdbahn nach ihm gezogen gedacht werden, einander parallel zu sein scheinen. Während nun der Punkt a eine vollständige Rotation in der durch den Pfeil angegebenen Richtung vollführt hat, ist die Erde zugleich von 1 nach 2 fortgerückt. Nun wird der unendlich ferne Fixstern F nach einer vollen Rotation allerdings wieder genau senkrecht über a sich zeigen, nicht aber die Sonne S, der Punkt a muß erst nach c gelangen, bis die Sonne wieder für ihn culminirt. Es findet also von einem Mittage zu dem andern, d. h. eben von einer Culmination der Sonne zu der andern, mehr als eine volle Umdrehung der Erde um ihre Achse Statt, und zwar um das Stück a c mehr. Von einem Tage zum andern beträgt dasselbe so viel, daß 4 Minuten vergehen, bis der Punkt a diesen Bogen zurückgelegt hat und um diese 4 Minuten ist der Sternentag kürzer, als der Sonnentag. Man sieht leicht,



daß nach einem Vierteljahr, wo die Erde in 3 ſteht, die Differenz eine ganze Viertelsumdrehung beträgt, indem der Punkt a bis d rücken muß, ehe wieder Mittag iſt; nach einem halben Jahre, wo die Erde in 4 ſteht, eine halbe Umdrehung, d. h. ſchon ein halber Tag Unterſchied zwiſchen beiden Statt findet (der Punkt a muß ja bis l gelangen). Endlich, nach einem ganzen Jahre, wo die Erde wieder in 1 ſteht, treten dieſelben wieder zu derſelben Zeit ein. Daraus erklärt ſich auf das allernatürlichſte die Erſcheinung, daß die Culmination — alſo auch Auf- und Untergang der Fixſterne — täglich früher einzutreten ſcheinen, und daß ſie gerade nach Verlauf eines Jahres zu derſelben Zeit ſich wieder ereignen, wie ein Jahr vorher.

5) Auf demſelben Grunde — nämlich der veränderten Stellung der Erde gegen die Sonne — beruht auch der Unterſchied zwiſchen periodiſchem und ſynodiſchem Monate. Es ſei in S die Sonne, 1, 2, 3, 4 die Erde auf ver-




ſchiedenen Punkten ihrer Bahn, um welche der Mond auf der Bahn v N in der Richtung der Pfeile kreiſe. So oft er ſich zwiſchen der Sonne und der Erde befindet, bei N, ſehen wir auf der Erde nichts von ſeiner erleuchteten Seite, es iſt uns nur die nicht von der Sonne beſchienene zugekehrt, es iſt Neumond; bei V, nachdem er die Hälfte ſeiner Bahn zurückgelegt hat, ſehen wir nur die von der Sonne beſchienene Mondhälfte, es iſt Vollmond.

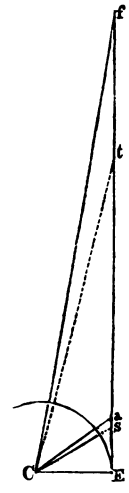
Copernicanische System, so müßten wir doch dieses als das wahre anerkennen, eben weil wir die Bewegung der Erde beweisen können.

Wir wenden uns nun zunächst zu einer kurzen Darstellung der Erscheinungen nach demselben, und werden dann die übrigen Beweise für die Bewegungen der Erde und der übrigen Planeten nach dem Copernicanischen Systeme angeben.

---

## Anmerkungen und Erläuterungen zum neunten Kapitel.

1) zu S. 192. Es sei C E eine Linie eines Dreieckes. Man sieht, wie mit dem Fernerrücken eines Punktes a nach t und f der Winkel, den die beiden Gesichtslinien von E und C an ihm bilden, immer kleiner wird. Zugleich sieht man aber auch, wie ein und derselbe Fehler, den man bei dem Messen dieses Winkels macht, immer bedeutendere Folgen hat. Messe ich z. B. den Winkel a C E um das Stück a C s zu klein, so scheint mir der Körper statt in a in s zu sein, ich irre mich um das Stück a s. Messe ich nun den Winkel f C E und irre mich im Messen desselben um dieselbe Größe dem Bogenmaaß nach, so scheint mir dadurch der Körper in t zu sein, ich habe ihn dadurch um das Stück f t näher gerückt, d. h. mehr als zehnmal näher als a s! Je kleiner also C E im Verhältnisse zur Entfernung des Körpers von ihr wird, desto unsicherer werden die Resultate, die wir erhalten, desto mehr macht auch ein kleiner Messungsfehler aus.

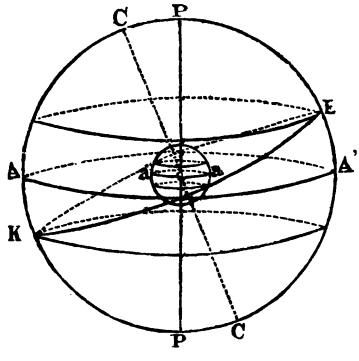



2) zu S. 192. Die Größe der Entfernungen, welche sich noch messen läßt, wuchs mit der Vervollkommnung der Instrumente. Je kleiner der Winkel wird, den wir noch genau messen können, desto weiter rückt diese Grenze hinaus, die sich eben nach der Länge der Linie C E und dem Winkel, den die von ihren Endpunkten aus nach einem fernen Gegenstande gezogenen Gesichtslinien bilden, richtet. So wie uns die Linien C f und E f parallel zu werden scheinen, ist die Grenze erreicht. Man theilt den Kreis bekanntlich in 360 Grade, jeden Grad in 60 Minuten, jede Minute in 60 Secunden. Der ganze Kreisumfang hat also 360 Grade, oder 21600 Minuten, oder 1,296000 Secunden. Um sich eine Vorstellung davon

machen zu können, was ein Grad, Minute, Secunde heiße, diene die nebenstehende Figur. Der Winkel zwischen den Linien a C und b C beträgt gerade zwei Grade. Wird das Verhältniß der Linien a b : b C wie 1 : 3400, so ist der Winkel eine Minute groß, dagegen ist bei einem Winkel von einer Secunde das Verhältniß von a b : b C wie circa 1 : 200,000. Würde man von dem Centrum der Erde aus zwei Linien nach der Oberfläche derselben ziehen, welche einen Winkel von einer Secunde mit einander bilden sollen, so würden sie auf dieser an zwei Punkten zum Vorschein kommen, die nur 180 F. von einander entfernt sind. Die Instrumente, welche man nun zum Messen der Winkel an Fernrohren angebracht hat, sind nach und nach zu einem bewunderungswürdigen Grad der Feinheit und Sicherheit gebracht worden. Zu Zeiten Tyho de Brahe's galt es als erstaunenswürdig, daß dieser eine Minute genau messen konnte; in der neuesten Zeit hat man an Frauenhofer'schen Instrumenten Vorrichtungen angebracht, mit denen man noch Zehntelssecunden direct messen kann!

3) zu S. 194. Daß wir im Sommer andere Sterne sehen, als im Winter, rührt eben von der Ungleichheit des Sternen- und Sonnentages her, deren Erklärung weiter unten folgen wird. Nach der Sonnenzeit gerechnet, geht eben ein Stern jeden Tag 4 Minuten früher auf und unter, und daher kommen immer andere zum Vorschein.

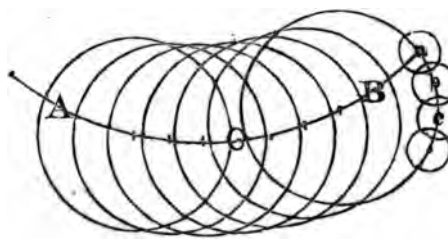
4) zu S. 194. Es scheint uns also der Himmel ein unermeßliches Gewölbe, als eine Hohlkugel, in deren Mittelpunkt sich die Erde a a befindet. Die Erdachse fällt mit der Achse, um welche sich dieses Gewölbe dreht, zusammen. Die Enden dieser Weltachse sind die Himmelspole P. Parallel dem Erdäquator a a verläuft daher auch der Himmelsäquator A A, parallel den Erdmeridianen die Himmelsmeridiane, die s. g. Declinationskreise, parallel den Parallelkreisen der Erde, die Parallelkreise des Himmels, die s. g. Tagekreise. Gerade Aufsteigung, Rectascension, ist der Bogen des Aequators oder einer seiner Parallelen vom ersten Declinationskreis, der durch den Frühlingsäquinoctialpunkt geht, zu einem jeden anderen in Graden von West nach Osten, also von A nach A' gezählt, ausgedrückt. Von dem Punkte A' oder jedem auf dem Meridiane P A' stehenden Sterne sagt man daher, er hat 90° Rectascension oder 6 Stunden Rectascension. Eine Linie von dem Orte eines Beobachters senkrecht an das Gewölbe gezogen, trifft dort den Scheitelpunkt oder Zenith desselben, der demselben diametral entgegengesetzte Punkt heißt Fußpunkt oder Nadir. Der Kreis, welcher durch diese beiden Punkte gezogen gedacht wird, ist der Meridian eines Ortes.




5) zu S. 194. Verfolgt man nämlich genau die Sterne, bei welchen die Sonne, von der Erde aus betrachtet, aufgeht, so bemerkt man, daß dieselben einen Kreis bilden, welcher unter $23^1/_2{}^0$ den Aequator des Himmels durchschneidet (E K der vorigen Figur). Eine Linie, durch das Centrum der Erde und das Centrum der Ekliptik senkrecht auf der Ebene derselben gezogen, ist die Achse der Ekliptik, deren Enden C C die Pole der Ekliptik sind. Parallel dem Aequator der Ekliptik gegen die Pole derselben zu laufen die Breitekreise des Himmels. An Frühlings-Tag- und Nachtgleiche steht die Sonne, von der Erde aus betrachtet, im Zeichen des Widders, wo sich Ekliptik und Aequator

ſchneiden. Dann wendet ſie ſich ſcheinbar nach Norden und erreicht ihren höchſten Stand in E, von wo ſie ſich wieder nach Süden zu wendet, „Wendekreis des Krebſes." Im Herbſte (21. Sept.) kommt ſie zu dem zweiten Durchſchnittspunkte des Aequators und der Ekliptik, ſteht im Zeichen der Wage, geht dann noch weiter nach Süden, bis ſie in K, im „Wendekreiſe des Steinbocks", ihren ſüdlichſten Stand erreicht hat und nun wiederum nach Norden ſich zurückbegiebt.

[6]) zu S. 198. Mit Hülfe der ſ. g. „Epicyclen" ſuchte man ſich dieſe unregelmäßigen Bewegungen zu veranſchaulichen. Unter Epicyclus verſtand man einen Kreis, deſſen Mittelpunkt um einen Punkt der Peripherie eines anderen größeren Kreiſes gezogen wird. Man nahm nun an, daß ein Planet während ſeiner Kreisbahn um die Erde zugleich noch in einem ſolchen kleineren Kreis einmal herumlief. Spätere genauere Beobachtungen ließen aber auch dieſe Annahme als unzureichend erſcheinen, und nun nahm man in dem Epicyclus noch einen weiteren zu Hülfe, ſo daß folgende drei Kreiſe zur Erklärung der Bewegung eines Planeten nöthig wurden: A C B derjenige, in deſſen Mittelpunkte die Erde ſteht, die größeren ausgezogenen, deren Mittelpunkte in die Peripherie des größeren A C B fallen, dann die kleinſten, deren Mittelpunkte a, b, c in die Peripherie der zweiten Kreiſe fallen. Dieſe dreifachen Kreiſe ſollte nun der Planet bei ſeinem Umlauf um die Erde beſchreiben und zwar in der Art, daß er, während er den Umlauf A B zurücklegte, zugleich eine halbe Kreisbewegung in einem Kreiſe, deſſen Mittelpunkt auf die Peripherie von A C B fällt, und noch dazu zugleich eine weitere Kreisbewegung, entſprechend einem der kleinſten Kreiſe, zu vollführen hatte. Seine Bewegung erſcheint nämlich ſo verwickelt, daß ſie, unter Vorausſetzung ſeines Umlaufs um die Erde, nur unter Zugrundelegung dieſer drei Kreiſe zur Beſtimmung ſeiner Bahn erklärt werden konnte. Aber auch dieſe Annahmen reichten nicht einmal aus, ſo daß ſich die Aſtronomen in die größte Verlegenheit geſetzt ſahen, wenn ſie jene Bewegungen zu enträthſeln verſuchten.



# Zehntes Kapitel.

Das Copernicaniſche Syſtem. Erklärung aller Bewegungserſcheinungen am Himmel durch daſſelbe.

Nach dem vorigen Kapitel hatten wir an den Himmelskörpern eine dreifache Bewegung wahrgenommen:

1) eine tägliche, durch die das ganze Himmelsgewölbe mit allen ſeinen Lichtpunkten eine Kreisbewegung von Oſten nach Weſten machte;

2) eine in verſchiedenen Perioden von Weſten nach Oſten durch den Thierkreis vor ſich gehende an den Planeten, worunter die hervorragendſte die jährliche der Sonne und die monatliche des Mondes;

3) eine 25000jährige, durch welche das ganze Gewölbe um die Pole der Ekliptik gedreht erſchien.

Alle dieſe Bewegungen erklärt nun Copernicus [1]) (geb. 1472, † 1543) für ſcheinbare und hervorgerufen durch eine dreifache wirkliche Bewegung der Erde: durch 1) eine 24ſtündige einmalige Umdrehung um ihre Achſe, 2) eine jährliche Umkreiſung der Sonne in dem Thierkreiſe, und 3) eine 25000jährige Kreisbewegung der Erdachſe.

Die Stellung der verſchiedenen Himmelskörper zu einander wurde dadurch folgende:

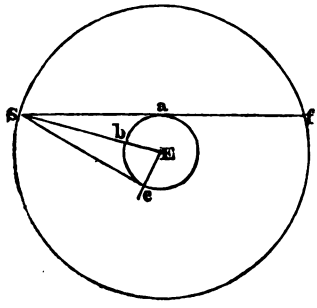
1) In der Mitte ſteht die Sonne. Um ſie kreiſen zunächſt Mercur und Venus; dann kommt die Erde, nach ihr Mars, Jupiter, Saturn.

2) Der Mond iſt der einzige Himmelskörper, welcher die Erde umkreiſt.

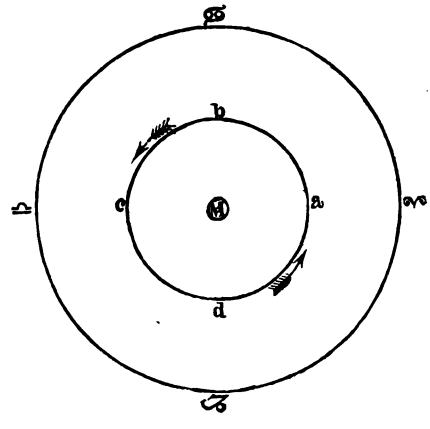
3) Jenſeits aller dieſer Gebilde in einer nicht zu bemeſſenden Entfernung und für uns ſcheinbar ohne alle Bewegung befinden ſich die Fixſterne.

Unter der Voraussetzung dieser Anordnung der Himmelskörper lassen sich nun alle Bewegungen, die man am Himmel wahrnimmt, auch die verwickeltsten Erscheinungen im Laufe der Planeten, auf das allereinfachste erklären, und zwar in folgender Weise:

1) Die scheinbare Umdrehung des Himmelsgewölbes von Osten nach Westen wird hervorgerufen durch eine wirkliche Rotation der Erde um ihre Achse von Westen nach Osten. Es sei E die Erde, in a stehe ein Beobachter und sehe nach einem eben aufgehenden Sterne s; wenn sich nun der Beobachter in der Richtung von a nach b bewegt, so wird ihm der Stern immer höher und höher am Himmel heraufzukommen scheinen und in b gerade über ihm sich zeigen; von da an wird der Stern wieder tiefer hinab sich zu senken scheinen, bis er endlich nach und nach dem Beobachter am Horizont im Westen verschwindet. Ist nun der Beobachter wieder in a angelangt, so wird ihm derselbe Stern wieder im Osten erscheinen.

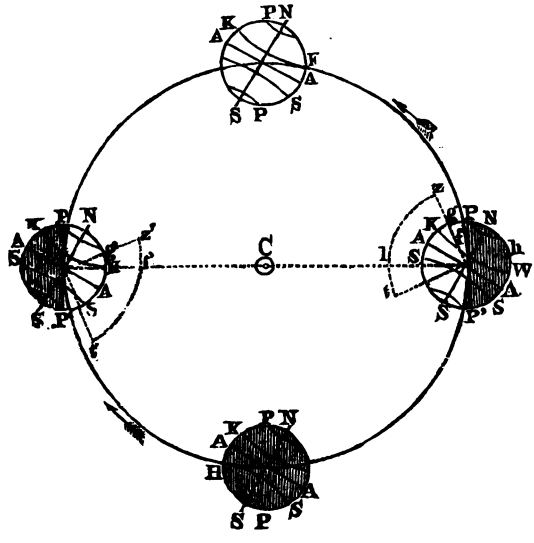



2) Die scheinbare jährliche Bewegung der Sonne im Thierkreise von Westen nach Osten wird durch eine Umkreisung der Sonne durch die Erde in derselben Richtung hervorgebracht. Es stelle ♋ ♎ den Thierkreis dar und die vier angegebenen Zeichen entsprechen dem Stande der Sonne in den vier Jahreszeiten. Vor ♈ (Widder) erscheint die Sonne am 21. März, vor ♋ (Krebs) am 21. Juni, vor ♎ (Wage) am 21. September, vor ♑ (Steinbock) am 21. Dezember. Nehmen wir nun an, die Erde sei



in M, so wird die Sonne auf der Bahn a b c d auf a vor ♈, auf b vor ♋, auf c vor ♎, auf d vor ♑ erscheinen, also vom 21. März bis dahin zum nächsten Jahre die Bahn a b c d zurücklegen. Ganz dieselbe Erscheinung bietet sich aber auch dar, wenn wir die Erde in derselben Richtung uns um die Sonne laufend denken, nur steht sie in diesem Laufe stets auf dem gegenüberliegenden Punkte des Kreises, den man früher für die Bahn der Sonne angenommen hat; im Frühjahr steht die Erde in c, dann erscheint ihr hinter der Sonne M richtig das Zeichen des Widders (♈); steht sie dann am 21. Juni in d, so scheint die Sonne im Krebs (♋) zu stehen; in a, am 21. September, erscheint ihr die Sonne in der Wage (♎); hat sie am 21. Dezember den Punkt b erreicht, so steht die Sonne im Steinbock (♑). In Beziehung auf den Stand der Sonne im Thierkreise ergiebt sich also dieselbe Erscheinung, ob wir uns die Erde in M denken und die Sonne von a über b und c um sie laufend, oder die Sonne in M und die Erde von c über d und a sich bewegend.

3) Die scheinbare schraubenförmige Bewegung der Sonne am Himmel, ihr verschiedener Stand in den verschiedenen Jahreszeiten ist eine Folge der schiefen Stel-

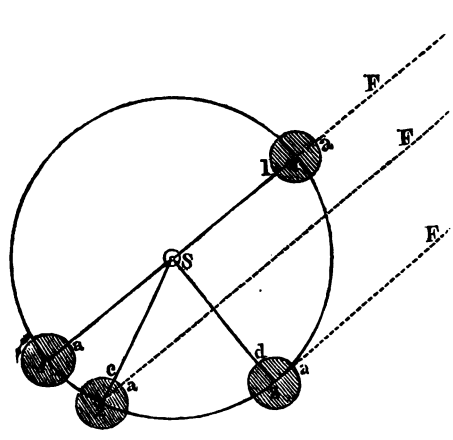


lung der Erdachse auf ihrer Bahn, die auf allen Punkten derselben sich gleich bleibt. Es sei in C die Sonne, W, F, S, H der Stand der Erde im Winter, Frühling, Sommer und Herbst, N bedeute den Nordpol, S den Südpol, A den Aequator, K und s die Wendekreise des Krebses und Steinbockes, P P die beiden Polarkreise. Die Erdachse N S sei nun unter einem Winkel von 66½° (dem Ergänzungswinkel von dem Winkel der Ekliptik, 23½°, zu einem rechten) gegen die Ebene ihrer Bahn geneigt und behalte diese Neigung unverändert bei, so sieht man, daß im Winter (W) ein großer Teil der nördlichen Halbkugel nicht beleuchtet ist, von der südlichen dagegen ein größerer Theil von den Sonnenstrahlen getroffen wird. Dreht sich nun in W die Erde von K nach W um ihre Achse, so wird bei dieser Stellung doch nichts von dem zwischen dem Pole und dem nördlichen Polarkreis gelegenen Erdtheile über den unerhellten Theil hinauskommen, dagegen am Südpol, auch bei einer vollen Umdrehung der Erde, die zwischen dem Südpolarkreise und dem Südpole gelegenen Theile der Erde nicht über die Beleuchtungsgrenze P P' hinüberrücken. Der Nordpolarkreis wird während einer Umdrehung immer Nacht, der Südpolarkreis immer Tag haben, jener die Sonne nicht aufgehen, dieser nicht untergehen sehen. Nehmen wir einen Punkt g auf der nördlichen Halbkugel, so sehen wir, daß derselbe einen größeren Theil der 24stündigen Achsendrehung die Sonne nicht sieht. Er sieht sie nämlich so lange nicht, bis der Punkt g von f den vollen Bogen von f nach h und von da auf der entgegengesetzten Seite einen ebenso großen bis zur Grenze von Licht und Schatten beschrieben hat. Er hat also um die Zeit, welche die Erde länger braucht, um das doppelte Stück Bogen f h als den doppelten Bogen g f zurückzulegen, länger Nacht als Tag, indem nur der doppelte Bogen g f (auf der vorderen dem Beschauer zugekehrten Hälfte und ein ebenso großer auf der hinteren Seite der Erdkugel) in den Bereich der Sonnenstrahlen fällt. Je mehr man sich nun dem Aequator von dem Nordpol her nähert, desto geringer wird dieser Unterschied; man sieht aus der Figur, daß ein Punkt des Aequators selbst gleich lang Tag wie Nacht hat, indem die Beleuchtungsgrenze P P" gerade den Aequator halbirt. Geht man nun weiter gegen Süden zu, so sieht man, wie in demselben Verhältnisse, wie auf der nördlichen Hälfte die Beschattung, hier die Beleuchtung der südlichen Hemisphäre zu-

nimmt, so daß der Südpolarkreis schon während einer Umdrehung beständig den Sonnenstrahlen ausgesetzt ist. Die nördliche Halbkugel hat Winter, die südliche dagegen Sommer. Ist nun die Erde in F angelangt, so sieht man, wie ebenso gut der Nordpol wie der Südpol von den Sonnenstrahlen getroffen werden, also jeder Punkt der nördlichen und südlichen Hälfte gleich lang Tag und gleich lang Nacht hat, indem, wie sich aus der Figur ergiebt, die Beleuchtungsgrenze mit einem Meridiane zusammenfällt. Da nun jeder Meridiankreis alle Parallelkreise halbirt, so befindet sich jeder der letzteren während einer Umdrehung der Erde auf der einen Hälfte derselben den Sonnenstrahlen ausgesetzt, auf der andern nicht. Für die nördliche Halbkugel ist Frühlings-Tag- und Nachtgleiche, für die südliche aber Herbst-Tag- und Nachtgleiche. Von diesem Stande an bis S ändert sich nun das Verhältniß zu Gunsten der nördlichen Halbkugel, deren Sommer in S eingetreten ist, während die südliche nun Winter hat. Es ist das umgekehrte Verhältniß von dem Stande in W. Der Nordpolarkreis hat eine ganze Umdrehung Tag, die Sonnenstrahlen fallen senkrecht noch auf K, den Wendekreis des Krebses, sie hat ihren höchsten Stand für die nördliche Halbkugel erreicht. Von da an bis H nimmt nun der Tag auf der nördlichen Halbkugel wieder ab, auf der südlichen zu, bis in H wieder die Beleuchtungsgrenze mit einem Meridiankreise zusammenfällt; wir sehen die eine, von der Sonne abgewendete Hälfte, die genau vom Nordpol zum Südpol reicht. Es ist Herbst-Tag- und Nachtgleiche für die nördliche, und Frühlings-Tag- und Nachtgleiche für die südliche Halbkugel; erstere geht ihrem Winter, letztere ihrem Sommer nach W entgegen. — Man kann sich aus der Figur auch leicht über die verschiedene Höhe, welche die Sonne für einen bestimmten Ort der Erdoberfläche am Himmel erreicht, unterrichten. Nehmen wir z. B. den Punkt g auf der nördlichen Halbkugel. Sein Zenith (Scheitelpunkt) ist für ihn in der Richtung nach z. Unter S fallen die Sonnenstrahlen bei der Stellung W senkrecht auf; um den Winkel, den die Linien C s und z g im Mittelpunkte der Erde mit einander machen, d. h. also um die Zahl der Grade des Bogen s g oder l z ist für den Punkt g die Sonne von der senkrechten Stellung gegen den Horizont zu scheinbar gesunken, d. h. sie erscheint nur um den Bogen t l über dem Horizonte von g. Bei

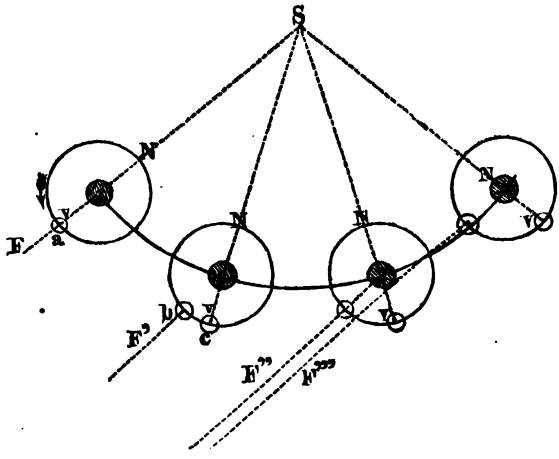
der Stellung S iſt der Zenith für g wieder in Z', die Sonne ſteht ſenkrecht über K, hier iſt ſie nur um den kleinen Bogen g K oder Z' l', den die Linien Z g und C K am Mittelpunkte der Erde bilden, vom Zenith des Punktes g entfernt. Sie ſcheint alſo um den Bogen t' l' über dem Horizonte.

4) Die Differenz zwiſchen dem ſ. g. Sternentag und Sonnentag (ſ. p. 194), nach welchem ein beſtimmter Stern täglich früher aufzugehen und zu culminiren ſcheint, rührt eben von der täglichen Veränderung der Stellung der Erde gegen die Sonne, in Folge ihres Laufes um dieſelbe, her. Es ſei in S die Sonne, um die die Erde in der Richtung von 1 nach 2 laufe und zugleich drehe ſie ſich in der Richtung des Pfeiles um ihre Achſe. F F F ſei ein Fixſtern, von dem wir durch Beobachtung wiſſen, daß er ſo unendlich weit von der Erde entfernt iſt, daß die Linien 1 F und 2 F, überhaupt alle die von irgend einem Punkte der Erdbahn nach ihm gezogen gedacht werden, einander parallel zu ſein ſcheinen. Während nun der Punkt a eine vollſtändige Rotation in der durch den Pfeil angegebenen Richtung vollführt hat, iſt die Erde zugleich von 1 nach 2 fortgerückt. Nun wird der unendlich ferne Fixſtern F nach einer vollen Rotation allerdings wieder genau ſenkrecht über a ſich zeigen, nicht aber die Sonne S, der Punkt a muß erſt nach c gelangen, bis die Sonne wieder für ihn culminirt. Es findet alſo von einem Mittage zu dem andern, d. h. eben von einer Culmination der Sonne zu der andern, mehr als eine volle Umdrehung der Erde um ihre Achſe Statt, und zwar um das Stück a c mehr. Von einem Tage zum andern beträgt daſſelbe ſo viel, daß 4 Minuten vergehen, bis der Punkt a dieſen Bogen zurückgelegt hat und um dieſe 4 Minuten iſt der Sternentag kürzer, als der Sonnentag. Man ſieht leicht,



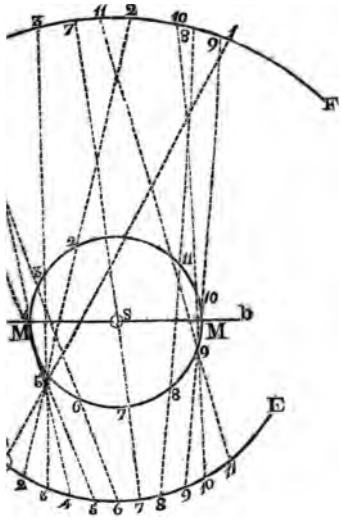
daß nach einem Vierteljahr, wo die Erde in 3 ſteht, die Differenz eine ganze Viertelsumdrehung beträgt, indem der Punkt a bis d rücken muß, ehe wieder Mittag iſt; nach einem halben Jahre, wo die Erde in 4 ſteht, eine halbe Umdrehung, d. h. ſchon ein halber Tag Unterſchied zwiſchen beiden Statt findet (der Punkt a muß ja bis l gelangen). Endlich, nach einem ganzen Jahre, wo die Erde wieder in 1 ſteht, treten dieſelben wieder zu derſelben Zeit ein. Daraus erklärt ſich auf das allernatürlichſte die Erſcheinung, daß die Culmination — alſo auch Auf- und Untergang der Fixſterne — täglich früher einzutreten ſcheinen, und daß ſie gerade nach Verlauf eines Jahres zu derſelben Zeit ſich wieder ereignen, wie ein Jahr vorher.

5) Auf demſelben Grunde — nämlich der veränderten Stellung der Erde gegen die Sonne — beruht auch der Unterſchied zwiſchen periodiſchem und ſynodiſchem Monate. Es ſei in S die Sonne, 1, 2, 3, 4 die Erde auf ver-




ſchiedenen Punkten ihrer Bahn, um welche der Mond auf der Bahn v N in der Richtung der Pfeile kreiſe. So oft er ſich zwiſchen der Sonne und der Erde befindet, bei N, ſehen wir auf der Erde nichts von ſeiner erleuchteten Seite, es iſt uns nur die nicht von der Sonne beſchienene zugekehrt, es iſt Neumond; bei V, nachdem er die Hälfte ſeiner Bahn zurückgelegt hat, ſehen wir nur die von der Sonne beſchienene Mondhälfte, es iſt Vollmond.

ecunden ſcheinbaren Durchmeſſer. Ebenſo räthſelhaft
uch die Verhältniſſe des Glanzes derſelben; ihren größten
le nämlich ungefähr in einer Entfernung von 40° von
als Abendſtern, ihr Glanz nimmt ab, wenn ſie ſich der
rt und ebenſo, wenn ſie ſich über jenen Punkt weiter
tfernt. Ganz ähnliche Erſcheinungen zeigt Mercur,
weiter als 28½° von der Sonne entfernt. Die fol-
wird dazu dienen, alle dieſe Erſcheinungen anſchaulich
h zu machen. Es ſei in s die Sonne, M die Bahn



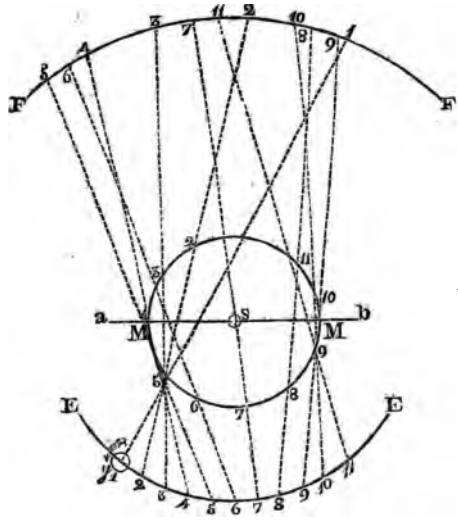

des Merkur, die er in circa 88 Tagen um die Sonne zurücklegt, E E das Stück der Erdbahn, welches dieſelbe ebenfalls in 88 Tagen durchläuft, F F ein Theil des Himmelsgewölbes mit den Fixſternen. Das Verhältniß der Entfernungen der Erde und des Mercurs von der Sonne iſt das in der Figur bezeichnete. Man ſieht nun, wie ſich an dem geſtirnten Himmel die Bewegung des Mercur darſtellen würde,

auf der Linie a b, wie er in den verſchiedenen Theilen
i im Verhältniß zur Sonne ſich zeigt. Die Bahn des
in elf Theile getheilt, ebenſo das Stück, welches die
rer Bahn in dieſer Zeit zurücklegt. Die Figur giebt
Stellung von acht zu acht Tagen von der Erde aus
nes Mercurjahres an. Von 1—5, die erſten vierzig
de er am Himmelsgewölbe von 1—5 eine ſeiner wirk-
gung entgegengeſetzte zu beſchreiben ſcheinen, zugleich
r Sonne bis zu 5 (wie auf der Linie a b ſich zeigt)
i ſcheinen, dann würde er von 5—9 am Himmelsge-
er zurückgehen, von 9—11 aber wieder eine entgegen-

F, F', F'' ꝛc. seien nun wieder die Strahlen eines unendlich weit entfernten Fixsternes, an dem der Mond als Vollmond bei 1 erscheint. In einem Monate rücke nun die Erde nach 2. Der Mond hat einen vollen Umlauf um die Erde vollendet, wenn er bei b steht, gerade wieder bei jenem Fixsterne F, der s. g. periodische Monat ist verflossen, aber es ist noch nicht wieder Vollmond, der Mond muß das Stück b c noch zurücklegen, ehe er wieder gerade in einer Linie mit der Sonne und der Erde steht. Um die Zeit nun, welche der Mond zu diesem Stücke b c braucht, dauert der synodische Monat länger als der periodische. Man sieht auch, daß die Differenz zwischen beiden immer größer wird, bei 4 beträgt sie schon mehr als einen Viertelsumlauf des Mondes [2]).

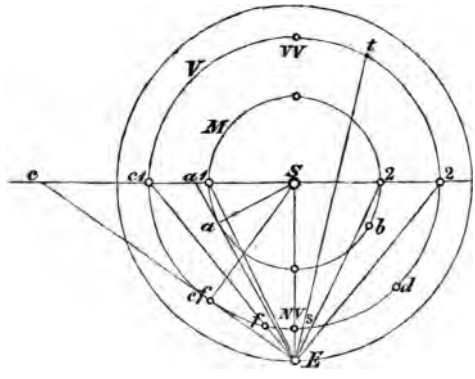
6) Die räthselhaften und höchst complicirten Bewegungen, der ungleiche Gang der Planeten am Himmel werden die allereinfachsten; die Regellosigkeit derselben ist nur eine scheinbare, hervorgerufen durch die ungleichen Entfernungen von der Sonne und ungleiche Geschwindigkeit ihres Laufes, welche die einzelnen haben. Kein Punkt ist vielleicht mehr geeignet, die Vorzüge des Copernicanischen Systemes in ein helleres Licht zu setzen, als eben dieser. Es wird hinreichen, nur ein Paar recht auffallende Beispiele davon anzuführen und zu erläutern. Wir wissen jetzt, daß zwischen der Erde und der Sonne zwei, derselben also nähere, Planeten sich befinden, Mercur und Venus. Diese nennt man die unteren Planeten, während alle weiter als die Erde entfernten obere genannt werden. Wir wollen sowohl für die unteren, wie für die oberen Planeten Beispiele wählen. Der Lauf der beiden unteren Planeten, Mercur und Venus, machte den alten Astronomen außerordentliche Schwierigkeiten. Sie sollten, der alten Theorie nach, um die Erde laufen, wie alle übrigen, nicht um die Sonne. Nun bemerkte man aber sehr bald, daß sie wie an die Sonne gebannt waren, bald vor derselben sich zeigten, bald hinter derselben — Venus als Morgen- oder Abendstern — sich aber nie weit von derselben entfernten, Mercur nie weiter als 28½°, Venus nie weiter als 48°. Ferner wechselten sie außerordentlich an Glanz und Größe; bei der Venus z. B. wechselt der scheinbare Durchmesser zu verschiedenen Zeiten ihrer deutlichen Sichtbarkeit von 9—38 Secunden, ja wenn sie der Erde am nächsten steht, hat sie

ſelbſt 64 Secunden ſcheinbaren Durchmeſſer. Ebenſo räthſelhaft waren aber auch die Verhältniſſe des Glanzes derſelben; ihren größten Glanz hat ſie nämlich ungefähr in einer Entfernung von 40° von der Sonne als Abendſtern, ihr Glanz nimmt ab, wenn ſie ſich der Sonne nähert und ebenſo, wenn ſie ſich über jenen Punkt weiter von ihr entfernt. Ganz ähnliche Erſcheinungen zeigt Mercur, der ſich nie weiter als 28½° von der Sonne entfernt. Die folgende Figur wird dazu dienen, alle dieſe Erſcheinungen anſchaulich und erklärlich zu machen. Es ſei in s die Sonne, M die Bahn des Merkur, die er in circa 88 Tagen um die Sonne zurücklegt, E E das Stück der Erdbahn, welches dieſelbe ebenfalls in 88 Tagen durchläuft, F F ein Theil des Himmelsgewölbes mit den Fixſternen. Das Verhältniß der Entfernungen der Erde und des Mercurs von der Sonne iſt das in der Figur bezeichnete. Man ſieht nun, wie ſich an dem geſtirnten Himmel die Bewegung des Mercur darſtellen würde,

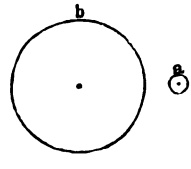



und zugleich auf der Linie a b, wie er in den verſchiedenen Theilen ſeiner Bahn im Verhältniß zur Sonne ſich zeigt. Die Bahn des Mercur iſt in elf Theile getheilt, ebenſo das Stück, welches die Erde auf ihrer Bahn in dieſer Zeit zurücklegt. Die Figur giebt alſo ſeine Stellung von acht zu acht Tagen von der Erde aus während eines Mercurjahres an. Von 1—5, die erſten vierzig Tage, würde er am Himmelsgewölbe von 1—5 eine ſeiner wirklichen Bewegung entgegengeſetzte zu beſchreiben ſcheinen, zugleich ſich von der Sonne bis zu 5 (wie auf der Linie a b ſich zeigt) zu entfernen ſcheinen, dann würde er von 5—9 am Himmelsgewölbe wieder zurückgehen, von 9—11 aber wieder eine entgegen-

geſetzte Bewegung zeigen. Von 5—7 nähert er ſich nun zugleich ſcheinbar der Sonne, erſcheint in 7 gerade vor ihr, dann entfernt er ſich wieder ſehr raſch auf der entgegengeſetzten Seite derſelben. Von 1—7 würde er als Abendſtern, von da an, nachdem er eine Zeit lang unſichtbar geblieben, bis 11 als Morgenſtern ſich zeigen, wie man ſich leicht wird vorſtellen können, wenn man weiß, daß die Achſendrehung der Erde in der Richtung des Pfeiles von x nach y vor ſich geht. Offenbar wird nämlich der Punkt y der Erde z. B. den Mercur, wenn er zwiſchen s und b ſteht, eher erblicken, d. h. er wird ihm eher aufgehen, als die Sonne s, hingegen wird er, wenn der Mercur zwiſchen s und a ſich zeigt (auf der Linie a s b), die Sonne eher aus dem Geſichte verlieren, als den Mercur, es wird ihm dieſer nach der Sonne untergehen, alſo als Abendſtern erſcheinen. Man ſieht, wie einfach ſich aus der Figur das ſcheinbare Vor- und Rückwärtsgehen des Planeten erklärt, zugleich aber auch die ſcheinbare ungleiche Schnelligkeit desſelben. Von 1—4 bewegt er ſich ſcheinbar ziemlich gleich ſchnell unter den Fixſternen, von 4—5 weniger, in den acht Tagen von 5—6 nur um ein ganz kleines Stück, dann ſchneller, 6—7 mit der größten ſcheinbaren Schnelligkeit, faſt ebenſo ſchnell nach 8, wiederum langſamer nach 9, dann wieder mit geringerer Schnelligkeit in entgegengeſetzter Richtung nach 10 und 11. Es erklärt unſere Figur — in der M die Bahn Mercurs, V die der Venus, E die der Erde in ihrer relativen Entfernung von der Sonne, s, bedeutet — auch ſehr einfach die verſchiedene Größe und Lichtverhältniſſe der untern Planeten und warum ſie nie weiter von der Sonne ſich entfernen können. Man ſieht, daß die weiteſte Entfernung, welche die Planeten, von der Erde aus betrachtet, haben können, die iſt, wann ſich Mercur in a oder b, Venus in c oder d befinden,

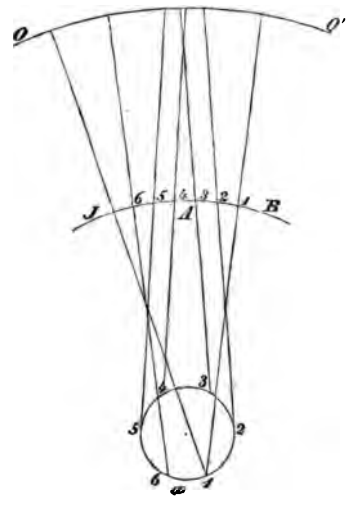


wenn dabei die Erde in E ſteht, d. h. wenn die Sonne, der Planet und die Erde in einem rechten Winkel zu einander ſtehen. In jeder andern Art der Stellung zu einander wird der Planet, von der Erde aus geſehen, ihr ſcheinbar näher ſein. Unſere Figur giebt uns aber auch die beſte Aufklärung über die verſchiedene ſcheinbare Größe und Lichtſtärke. Man ſieht nämlich aus der Figur ſehr leicht, daß, ähnlich wie bei dem Monde, vier Hauptſtellungen möglich ſind, die wir zunächſt für die Venus betrachten wollen, nämlich 1) eine, in der ſie gerade zwiſchen der Erde und Sonne ſteht, N V der Figur, die ſogenannte untere Conjunction mit der Sonne; die von der Sonne beſchienene Hälfte iſt uns dann abgekehrt, ſie iſt uns dann unſichtbar wie der Neumond, es iſt, wenn wir uns ſo ausdrücken wollen, Neuvenus. 2) Dieſer Stellung gerade entgegengeſetzt iſt die bei V V. Hier befindet ſich die Sonne gerade zwiſchen ihr und der Erde, ſie iſt in „oberer Conjunction", ihre voll beleuchtete Seite iſt uns ganz zugekehrt, es iſt Vollvenus; 3) in 1 würde dann das letzte, 4) in 2 das erſte Viertel der Venus ſein. In N V iſt uns die Venus am nächſten, in V V um den ganzen Durchmeſſer der Venusbahn ferner, ſie wird uns dort daher viel kleiner erſcheinen als in N V, obwohl wir ſie ſcheinbar an demſelben Orte des Himmels erblicken. Ihr ſcheinbarer Durchmeſſer wechſelt zwiſchen 10 Secunden und 1 Minute 4 Secunden. Iſt ſie in V V von der Größe a, ſo erſcheint ſie in N V ſo groß als b. Ebenſo wird ſie uns in s und t für E an derſelben Stelle des Himmels in gleicher Entfernung von der Sonne ſich zeigen und doch ganz verſchieden an Größe und Helligkeit. In s wird ſie ſehr groß, aber ſehr wenig hell erſcheinen, ſie iſt uns zwar ſehr nahe, aber da kurz vorher Neulicht war, iſt uns nur ein ganz kleines Stück ihrer beleuchteten Oberfläche zugekehrt. In t dagegen iſt ſie viel ferner und erſcheint daher kleiner, da wir aber faſt ihre ganze beleuchtete Hälfte uns zugekehrt erblicken, ſehen wir ſie in einem ſehr ſtarken Glanze. Es laſſen ſich daher alle für die alte Aſtronomie unauflöslichen Räthſel in Beziehung auf dieſe unteren Planeten auf das allereinfachſte durch das Copernicaniſche Syſtem erklären.

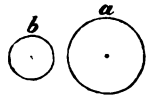



In ähnlicher Weiſe ſind aber auch die ſcheinbaren Unregel-

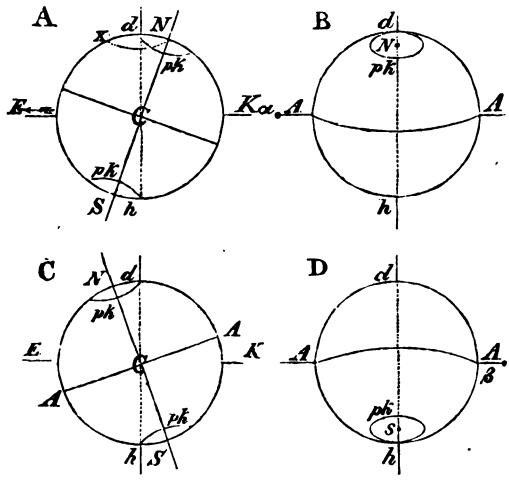
mäßigkeiten im Laufe der oberen Planeten zu erklären und anschaulich zu machen, wofür wir nur die Bewegungen des Planeten Jupiter als Beispiel angeben wollen. Derselbe befindet sich etwas mehr als fünfmal so weit von der Sonne wie die Erde. Seine Umlaufszeit beträgt 11 Jahre und 315 Tage, während die Erde also einen vollen Umkreis beschreibt, legt Jupiter auf seiner Bahn um die Sonne etwas mehr als $^1/_{12}$ seiner Bahn, etwas mehr als 30° derselben zurück. Es sei nun der kleinere Kreis die Erdbahn und der Stand derselben von zwei zu zwei Monaten, J B das Stück, welches Jupiter auf seiner Bahn in einem Jahr zurücklegt und ebenfalls in 6 gleiche Theile getheilt, so geben die Linien für ein Jahr den wechselnden scheinbaren Stand des Jupiters am Himmel an. Man braucht nur die Figur etwas näher zu betrachten um auch hier wiederum zu sehen, wie unregelmäßig, bald schneller, bald langsamer, bald vor-, bald rückwärtsschreitend, die Bewegung des Jupiters von der Erde aus am Himmelsgewölbe O O' sich darstellen wird, wie namentlich zwischen 3 und 5 derselbe höchst auffallende Erscheinungen in seiner scheinbaren Bewegung zeigen wird. Jupiter ist auf seiner ganzen Bahn stets weiter von der Sonne entfernt, als die Erde, er kann daher nie, wie die der Sonne näheren Planeten Mercur und Venus, zwischen der Erde und der Sonne stehen, also nie in unterer Conjunction mit der Sonne, wohl aber in oberer, wenn die Erde in a und Jupiter in A steht. Es kann aber die Erde gerade zwischen ihm und der Sonne stehen; man nennt dies das Stehen in Opposition mit der Sonne. Bei der Conjunction des Jupiters mit der Sonne ist aber die Erde um den ganzen Durchmesser ihrer Bahn, circa 42 Mill. Meilen, dem Jupiter ferner, als bei dessen Opposition. Er wird daher in dieser letzteren Stellung viel größer erscheinen,



als zur Zeit seiner Conjunction, und zwischen diesen beiden Extremen schwankt er während eines Jahres hin und her. Der Unterschied ist übrigens nicht so bedeutend als bei Venus, da er viel weiter von uns entfernt ist, als diese. Sein scheinbarer Durchmesser schwankt daher auch nur zwischen 30 und 49 Secunden. Ist a die Größe, die er zur Zeit seiner Opposition hat, so ist b die zur Zeit seiner obern Conjunction.




7) Das Vorrücken der Tag- und Nachtgleichen, das s. g. Platonische Jahr von 25,000 Jahren, ist hervorgerufen durch eine dritte Bewegung der Erde, nämlich durch eine Kreisbewegung, welche die Enden der Erdachse um die Pole der Ekliptik innerhalb dieses Zeitraumes beschreiben. Die folgende Figur möge diese Bewegung anschaulich machen. Es sei N S die Achse der Erde, unter einem Winkel von 66½° gegen ihre Bahn geneigt, N der Nord-, S der Süd-pol, A A der Aequator, pk die Polarkreise, E K die Richtung der Erdbahn. Auf der Erdbahn senkrecht steht die ebenfalls durch den Mittelpunkt der Erde gehende Linie d h. Die Bewegung, welche nun die Erde in jenem Zeitraume von 25,848 Jahren neben jener jährlichen und täglichen macht, ist eine solche, daß die Erdachse N S um d h einen Kreis von Osten nach Westen, N x Fig. A, beschreibt, dabei aber stets unverrückt mit dieser auf der Erdbahn senkrechten Linie einen Winkel von 23½° macht. Denken wir uns das Auge des Beschauers stets in derselben Richtung, so wird sie nach Zurücklegung des vierten



Theiles dieſes Kreiſes, wenn die Erde zuerſt die Stellung A hatte, wie in Fig. B ſich zeigen; es wird ſich der Nordpol N auf dem Bogen N x der Fig. A bis b bewegt haben; nach einer halben Drehung iſt N nach x gelangt, die Stellung wird alſo ſein wie in Fig. C; nachdem der Kreis zu Dreiviertheilen zurückgelegt iſt, wird der Nordpol in der Richtung der Linie d h auf der hinteren Hälfte des Kreiſes, welcher dem Beſchauer abgekehrt iſt, angekommen ſein, dagegen der Südpol in S ſich zeigen, Fig. D, und nach einer vollen Umdrehung die Stellung wie in A wieder eingetreten ſein.

In wieferne dies das Vorrücken der Nachtgleichen erklärt, iſt leicht einzuſehen. Bei unſerer Darſtellung, d. h. bei dem Stande, den die Erdkugel auf unſeren Figuren hat, würden die Thierkreisbilder in einem Kreiſe liegen, der ſenkrecht auf der Ebene dieſes Blattes durch E K geht, deſſen eine Hälfte über dem Blatte gegen den Leſer zu, die andere unter dem Blatte der Unterlage des Buches zugekehrt iſt. Man denke ſich nun in C ſenkrecht eine Nadel eingeſtochen, ſo wird dieſe nach einem Bilde des Thierkreiſes, wir wollen annehmen dem Widder, zeigen. Denkt man ſich nun die oben geſchilderte Kreisbewegung ausgeführt, ſo wird der Kopf der Nadel ſenkrecht über C und ſenkrecht auf d h ebenfalls einen vollen Kreis beſchreiben, der mit dem Thierkreiſe parallel iſt, der Kopf wird bei der Stellung B in $\alpha$, bei der Stellung C unſichtbar hinter d h ſein, bei der Stellung D dagegen in $\beta$ ſich zeigen, es wird alſo nach und nach derſelbe vor ſämmtliche Zeichen des Thierkreiſes zu ſtehen kommen. Da nun unſere Nadel durch den Aequator und die Ekliptik geht (ſie ſteht ja ſenkrecht auf d h, d. h. der Achſe der Ekliptik, ſ. Kap. IX. Anm. 5, und der Erdachſe), ſo zeigt ſie uns den Durchſchnittspunkt des Aequators mit der Ekliptik, d. h. den Aequinoctialpunkt an, und gerade wie der Kopf der Nadel weicht der Aequinoctialpunkt von Oſten nach Weſten zurück. Der Aequinoctialpunkt kommt alſo richtig bei dieſer Drehung der Erdachſe nach und nach in alle Thierkreiszeichen zu ſtehen, und da der Winkel der beiden Linien h d und N S ſtets unverändert bleibt, ſo behält auch die Erdachſe ſtets dieſelbe Neigung gegen die Ebene ihrer Bahn und es iſt daher dieſe Bewegung ohne allen Einfluß auf die Beleuchtung derſelben und die davon abhängige Dauer der Jahreszeiten, wie ſie pag. 205 dargeſtellt wurden [3]).

Wir haben nun alle Erscheinungen am Himmelsgewölbe nach dem Copernicanischen Systeme betrachtet und gefunden, daß sich dieselben auf das allereinfachste und leichteste damit erklären lassen, während sie nach der älteren Vorstellung, welche die Erde als unbeweglich im Mittelpunkte des Weltalls annahm, nur unter Zugrundelegung einer Menge der verwickeltsten Hypothesen und selbst nicht einmal mit diesen ausreichend aufhellen lassen. Es dauerte in der That daher auch gar nicht lange, um diesem Systeme Eingang zu verschaffen, eben seiner großen Einfachheit und Klarheit wegen. In späteren Zeiten hat man nun noch directe Beweise für dasselbe gefunden, d. h. Beweise, daß die Erde sich wirklich bewegt und noch später hat Newton die physikalische Nothwendigkeit dieses Systemes dargethan. Beides wollen wir im nächsten Kapitel betrachten.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum zehnten Kapitel.

[1]) zu S. 203. Nicol. Copernicus, Domherr zu Frauenburg in Preußen, wurde nach den zuverlässigsten Angaben 1472 zu Thorn geboren. Er machte nach langem Zögern, im Bewußtsein der Aufregung und der Kämpfe, die es erregen würde, sein System erst spät bekannt in seinem Werke: de Revolutionibus orbium coelestium Lib. VI. in Fol. Norimb. 1543. Auf seinem Todtenbette erhielt er das erste fertige Exemplar desselben. Als Vermuthung findet sich schon bei den älteren Philosophen diese Ansicht vorgetragen, namentlich unter den Pythagoräern soll sie lange gegolten haben. Philolaus von Crotona soll zuerst (circa 450 v. Chr.) die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne und nach ihm Nicetas von Syracus die Achsendrehung der Erde gelehrt haben.

[2]) zu S. 210. Es möge hier noch einiges Genauere über die Bewegungen des Mondes erwähnt werden. Ein synodischer Monat, d. h. der Zeitraum von einem Vollmond zum andern, dauert, genau gerechnet, 29 Tage, 12 Stunden, 44 Minuten, 3 Secunden; 12 solche Monate machen ein Mondjahr von 354 Tagen, 8 Stunden, 48 Minuten, 35 Secunden. Nach Verlauf eines Sonnenjahres fallen daher die Vollmonde um circa 11 Tage immer früher, d. h. steht in einem Jahr die Erde bei 1 und der Mond als Vollmond in a, so ist nach einem Jahre, wenn die Erde wieder bei 1 steht, der Mond bereits jenseits a angelangt. In 19 Sonnenjahre fallen gerade 235 synodische Mondsumläufe, erst nach 312 Jahren beträgt die Differenz einen Tag; dieß ist der sogenannte Mondszirkel, nach Ablauf dieser 19 Jahre fallen die Vollmonde wieder auf denselben Tag. Die güldene Zahl in unseren Kalendern ist diejenige, welche angiebt, im wievielsten Jahre des Zirkels wir uns befinden. Die Rechnung des Griechen Meton, der 430 v. Chr. den Mondszirkel fand, wurde mit goldenen Ziffern in eine Säule eingegraben; daher rührt der Name güldene Zahl. Die Zahl, welche angiebt, wie viel Tage am 1. Januar seit dem letzten Neumonde verflossen sind, heißt Epakte oder Mondsalter.

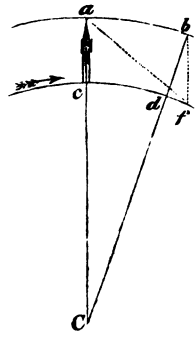
[3]) zu S. 216. Diese Bewegung geht so außerordentlich langsam vorwärts, daß sie jährlich nur 50¼″ eines Bogens beträgt, daher eben erst nach je 25000 Jahren einen ganzen Kreis ausmacht. Wegen dieser geringen Veränderung hat man auch in unseren Kalendern bei der Bezeichnung des Sonnenstandes zur Zeit des Wechsels der Jahreszeiten darauf nicht Rücksicht genommen. Vor circa 2000 Jahren, wo man genauere Beobachtungen darüber aufzuzeichnen anfing, trat die Sonne bei Frühlingsäquinoctium wirklich in das Zeichen des Widders und so hat man diesen Ausdruck beibehalten, obwohl sie gegenwärtig bei Frühlings-Tag- und Nachtgleiche circa 30° weiter westlich im Thierkreise, nämlich im Zeichen der Fische steht.

# Elftes Kapitel.

Physikalische Beweise für die Achsendrehung der Erde: 1) frei fallende Körper und 2) schwingende Pendel (Foucault'scher Versuch). Beweise für die Bewegung der Erde um die Sonne, hergeleitet aus den Verfinsterungen der Jupiterstrabanten, und der Aberration des Lichtes. Die Keplerischen Gesetze. Begründung derselben durch Entdeckung des Gesetzes der Schwere durch Newton. Anwendung desselben auf die Planetenbahnen. Mittel, die Masse der Himmelskörper aus ihrer gegenseitigen Anziehung, den sogenannten „Störungen" zu finden.

Ganz unabhängig von den bisher erörterten astronomischen Erscheinungen lassen sich viele physikalische anführen, die uns, wenn wir auch die ersteren gar nicht sähen, doch die Bewegung der Erde erkennen ließen. Wir wollen einige derselben hier näher betrachten und zwar zunächst die, welche uns die Achsendrehung der Erde darthun.

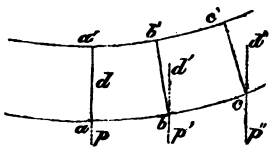
Beweis der Achsendrehung aus dem Verhalten fallender Körper. Wir wissen, daß jeder an der Oberfläche der Erde sich befindende Körper durch die Umdrehung der Erde ein Bestreben erhält, von derselben fortzufliegen (s. Kap. II. p. 25) und zwar, daß diese Kraft, die sogenannte Centrifugalkraft, zunimmt mit der Schnelligkeit der Bewegung. Es sei nun a c ein hoher Thurm auf der Oberfläche der Erde c d; wenn der Punkt a den Weg a b durch die Drehung der Erde zurücklegt, bewegt sich der Punkt c in derselben Zeit nur von c nach d, er hat also eine geringere Schnelligkeit als a. Wir wollen nun annehmen, auf dem Rande bei a liege eine kleine Kugel, und die Drehung der Erde führe in 5 Secunden die Thurmspitze a nach b, so wird der Fuß des Thurmes nach d gelangen; durch die Drehung der Erde wird die



Kugel aber ebenso gut, als die Spitze des Thurms die Bewegung erhalten, daß sie in 5 Secunden einen Weg von der Länge a b zurücklegt. Nun denke man sich, sie würde plötzlich oben losgelassen, so hat sie 1) durch die Drehung der Erde die Bewegung erhalten, welche sie von a nach b führen würde; 2) durch die Anziehungskraft der Erde eine sie in derselben Zeit von a nach dem Fuße des Thurmes, nach c führende, daher (nach Anm. 6 zu Kap. II. p. 34) eine mittlere Richtung zwischen beiden, d. h. die Richtung a f annehmen. Wenn sie am Fuße des Thurmes angelangt ist, wird sie zugleich um die Entfernung a b von c entfernt sein, also in f, während der Fuß des Thurmes nur bis d gelangt ist. Sie wird daher in der Richtung der Bewegung der Erde von dem Thurme sich etwas entfernt haben. Da sich nun die Erde von Westen nach Osten bewegt, fallen alle Körper so, daß sie etwas östlich von dem Punkte zu liegen kommen, welcher senkrecht unter demjenigen liegt, von welchem sie herabfielen. Wenn man die Höhe eines Thurmes kennt, so kann man voraus berechnen, um wie viel die Schwungkraft an seiner Spitze in a stärker ist, als an seinem Boden und daraus, um wie weit ein Stein, der von der Spitze herabfällt, nach Osten aus der senkrechten Richtung abweichend unten ankommt. Diese Versuche wurden zu verschiedenen Zeiten angestellt, die sorgfältigsten von Reich in Freiberg in einem 488 Fuß tiefen Schacht. Die gefundenen Resultate stimmten mit den berechneten so gut zusammen, als es bei so schwierigen Versuchen nur erwartet werden kann. Man wird nämlich leicht begreifen, daß ein geringer Luftzug, oder der mindeste, oben unbemerkbare Anstoß der Kugel beim Loslassen derselben ihr eine ganz andere Richtung geben wird, und daraus lassen sich auch leicht frühere, weniger befriedigende Resultate, z. B. von Benzenberg, der am Michaelisthurme zu Hamburg dieselben anstellte, erklären. Bei den Versuchen von Reich 1832 war die voraus berechnete östliche Abweichung der fallenden Kugel 28,28$^{mm.}$ die wirklich beobachtete 27,51$^{mm.}$ die Differenz betrug also nur $^{77}/_{100}{}^{mm.}$, das ist nicht einmal ganz eine halbe Linie [1]).

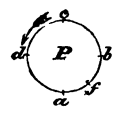
In der neuesten Zeit hat Foucault eine Erscheinung an schwingenden Pendeln nachgewiesen, die ebenfalls einen sehr schönen Beweis für die Achsendrehung der Erde liefert, und in der kurzen Zeit seit ihrer Bekanntmachung die größten Mathematiker und Physiker außer-

ordentlich beschäftigt hat, theilweise auch durch politische Zeitungen vor das größere Publicum gebracht worden ist. Die Erscheinung ist aber einfach folgende: Wenn man in unsern Gegenden ein Pendel, welches nach allen Seiten hin leicht schwingen kann, frei aufhängt und giebt demselben einen Schwung, daß es genau in der Richtung von Norden nach Süden schwingt, so gewahrt man nach einiger Zeit, daß es nicht mehr in dieser Richtung hin- und hergeht, sondern in einer, welche sich der von Nordost nach Südwest nähert. Es rührt diese Erscheinung davon her, daß die Schwingungen des Pendels, so ferne sie nicht einen neuen Anstoß erhalten, stets in Wahrheit dieselbe Richtung behalten, untereinander parallel bleiben, von der Umdrehung der Erde nicht mit betroffen werden, und daher scheinbar eine der Bewegung der Erde entgegengesetzte Abweichung aus ihrer ursprünglichen Richtung, nämlich eine von Osten nach Westen zu erkennen lassen, wie dies leicht aus der folgenden Figur sich ergeben wird. Es seien a c und a' c' zwei Breitenkreise der Erdkugel, in a sei auf dem Meridiane a a' ein Pendel angebracht, welches genau in der Richtung a a' zwischen p und d schwinge. Die Richtung dieser Schwingungen bleibe nun stets unverändert,



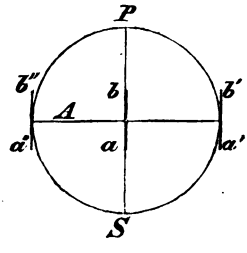

d. h. sie gehe stets während der Umdrehung der Erde einander parallel; ist daher der Punkt a bei der Drehung der Erde nach b gerückt und das Pendel mit ihm, so schwingt es wie früher bei a in derselben Richtung, p' d' ist parallel p d. Man sieht nun leicht, daß diese Schwingung nicht mehr mit dem Meridiane, der nun die Richtung b b' hat, zusammenfällt, sondern in nordost-südwestlicher Richtung von demselben abweicht. Diese Abweichung wird immer bemerklicher, und würde, wenn ein Pendel lang genug schwingen würde, endlich einen ganzen Umkreis beschreiben.

Wie verhalten sich nun diese Schwingungen an den verschiedenen Punkten der Erdoberfläche? Wir wollen hier nur die beiden Extreme betrachten, den Pol, an welchem die Richtung des Pendels mit der der Erdachse zusammenfällt und den Aequator, wo sie senkrecht auf der Erdachse steht. Man denke sich über dem Pole P etwa an einem Gewölbe ein Pendel aufgehängt, dessen Schwingungen in der Richtung a c vor sich gehen. Durch die Achsendrehung beschreibt aber der Punkt a binnen 24 Stunden den




Kreis a b c d. Da nun die Schwingungen des Pendels stets in derselben Richtung (parallel dem Rande des Blattes hier) bleiben, so sieht man leicht, daß wenn durch die Drehung ein Beobachter nach f gekommen ist, das Pendel aber in der Richtung a c schwingt, demselben es gerade so vorkommt, als bewege sich das Pendel nicht mehr in derselben Richtung, sondern in einer von Nordost nach Südwest gehenden. Die Linie a P, f P, b P u. s. f. giebt ja immer dem Beobachter die Richtung nach Norden. Ist daher f P die nördliche Richtung, wie es dem Beobachter in a die Linie a P war, in der das Pendel noch immer schwingt, so erscheint die Schwingungsrichtung a P dem Beobachter in f von Nord-Süd nach Nordost-Südwest gerückt zu sein. Ist der Beobachter nach 6 Stunden in b, so ist die Richtung a P senkrecht auf der nunmehrigen Nordrichtung der Linie b P, das Pendel scheint also von Ost nach West zu schwingen u. s. f. Ist der Beobachter in c, so scheint das Pendel einen halben Umkreis beschrieben zu haben, in d dreiviertel und endlich in a einen ganzen; es wird wieder in seine ursprüngliche Richtung zurückgekehrt erscheinen.

Wie verhält es sich nun am Aequator? Wir wollen auch hier annehmen, daß die Schwingung in der Richtung von Nord nach Süd mit dem Meridiane zusammenfalle. Eine gerade Linie, welche die beiden Endpunkte einer jeden Schwingung mit einander verbindet — die Sehne des Schwingungsbogens*) — wird jetzt genau parallel der Erdachse gehen und zu beiden Seiten des Aequators mit diesem rechte Winkel bilden. Bleiben nun die Schwingungen einander stets parallel, wie a b, a' b', so bleibt auch jene Linie stets der Erdachse parallel. Eine solche Linie fällt aber unter jedem Meridiane mit diesem selbst zusammen, die Schwingungsebene bleibt also stets in der Linie des Meridianes selbst, macht keinen Winkel mit demselben, erleidet keine scheinbare Abweichung, da ja auch alle Meridiane auf dem Aequator senkrecht stehen und einander parallel sind.

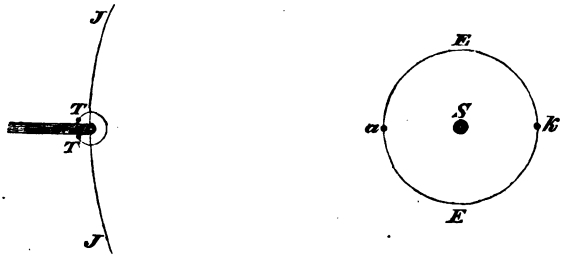



*) Unter einer „Sehne" versteht man jede gerade Linie, welche zwei Punkte eines Kreises verbindet, ohne durch den Mittelpunkt zu gehen.

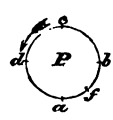
Je mehr man sich nun von dem Pole dem Aequator nähert, desto geringer wird in gleichen Zeiten die scheinbare Ablenkung der Schwingungsebene eines Pendels, bis sie endlich unter diesem selbst ganz verschwindet. In welcher Art diese Verlangsamung Statt findet, läßt sich ohne geometrische Betrachtung nicht wohl darthun. In Anm. 2 zu diesem Kapitel findet man eine Darstellung davon.

Die Verlangsamung der Pendelschwingungen vom Pol gegen den Aequator sind ebenfalls ein Beweis für die Achsendrehung der Erde. Wir übergehen diesen, da wir hier nur wiederholen müßten, was im II. Kapitel ausführlicher erörtert ist, wo wir von dem „theoretischen Beweise der Abplattung der Erde" sprachen, und besprechen zwei Erscheinungen, welche uns dienen als Beweis für die Bewegung der Erde um die Sonne. Die eine Erscheinung tritt besonders deutlich bei den Verfinsterungen der Jupitersmonde ein, die andere hat man mit dem Namen Aberration des Lichtes bezeichnet.

Wir wollen zunächst betrachten, in wieferne die Verfinsterungen der Jupitersmonde einen Beweis für die Bewegung der Erde um die Sonne liefern. Es sei in S die Sonne, E E die



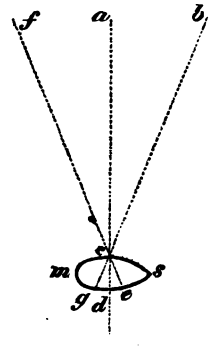

Bahn der Erde um die Sonne, J J ein Theil der Jupitersbahn, T T die Bahn eines Jupiterstrabanten. Da der Jupiter ein undurchsichtiger Körper ist, so wirft er in der Richtung der schattirten Linien einen Schatten und der Trabant wird, so lange er in diesem Schatten sich bewegt (den Theil T T seiner Bahn), verfinstert erscheinen. Da nun die Umlaufzeit dieses Trabanten stets dieselbe ist, die Verfinsterung auch stets eintritt, sowie der Trabant in den Schatten tritt, so war es nicht schwierig, die Verfinsterungen der Jupitersmonde voraus zu berechnen. Wir wollen nun annehmen, die Erde befinde sich einmal in a und man habe für diese Stellung das




Kreis a b c d. Da nun die S... ...achtet; ein halbes
...dels stets in derselben Richtu... ...ieder, nun bemerkt
des Blattes hier) bleiben, ... ...päter eintritt, als sie
durch die Drehung ein P... ...h einem ganzen Jahre
das Pendel aber in der Richtung ... ...yer und um etwas mehr
so vorkommt, als bewege sich ... vorhergehende halbe Jahr;
Richtung, sondern in einer ... ...inem halben Jahr zum andern
Die Linie aP, fP, bP u. ... ...ng ergiebt, eintreten, darauf immer
Richtung nach Norden. ...och die Umlaufszeit des Trabanten Jahr
es dem Beobachter ... A. Römer, der diese Beobachtungen
noch immer schwir... ...sogleich die richtige Erklärung davon (1675).
dem Beobachter ... Sichtbarwerden der Verfinsterungen davon
zu sein. Ist ... bestimmte Zeit braucht, um den Weg von
Richtung a... ...Körper zu einem anderen entfernten zurückzu-
hP, das ... ...der Bewegung der Erde. Man sieht leicht, daß
Ist der ... ...nachdem sie ihren halben Umlauf um die Sonne
kreis ... ...um den Durchmesser ak ihrer Bahn weiter vom
gar ... ...entfernt ist, als in a; der erste Lichtstrahl, der uns nach
k... ...der Verfinsterung zukommt, muß aber nach k die
Strecke ak, das sind aber 42 Millionen Meilen, mehr zurück-
legen, als nach a. Um die Zeit, welche er dazu braucht, scheint
uns die Verfinsterung später einzutreten, als wenn wir sie aus a
betrachten. Man wird nun leicht begreifen, warum die Verfin-
sterungen, während sich die Erde von a nach k bewegt, immer
später als in a einzutreten scheinen, und dagegen immer früher
als in k, während sie sich von k nach a bewegt; im ersteren Falle
wird die Entfernung der Erde von dem Jupiter immer größer,
im zweiten immer kleiner, als sie in a und dann in k war. Wer
je ein Geschütz hat abschießen sehen, der weiß, daß der Blitz des
Pulvers und der Donner desselben an demselben zu gleicher Zeit
wahrgenommen werden. Wenn er sich aber davon entfernt, so
wird er in der Entfernung von 1000 Schritt etwa schon bemerken,
daß der Schall erst einige Zeit nach dem Aufblitzen des Schusses
zu ihm gelangt. Mit demselben Rechte nun, als Jemand, der in
dunkler Nacht während eines Geschützfeuers dahinfahrend, schließen
wird, daß er sich dem Orte, von wo jenes ausgeht, nähere, wenn
der Zeitraum zwischen Donner und Blitz geringer wird, hingegen
daß er sich entferne, wenn eine immer größer werdende Zeit

zwischen beiden verstreicht, mit demselben Rechte wird das spätere Eintreffen der Finsternisse der Jupiterstrabanten in dem einen halben Jahre eine Entfernung der Erde von denselben, das frühere Eintreffen in dem andern Halbjahre eine von Neuem eintretende Annäherung der Erde erschließen lassen. Man hat daher schon lange diese Erscheinungen als einen Beweis für die Bewegung der Erde um die Sonne angeführt.

Von der Aberration des Lichtes. Die eben erörterten Erscheinungen an den Jupiterstrabanten bei deren Verfinsterungen lehrten zuerst die Geschwindigkeit des Lichtes bemessen. Das Licht brauchte, um den Durchmesser der Erdbahn a b der vorigen Figur zu durchwandern, etwas über eine Viertelstunde, es legte in dieser Zeit also circa 42 Mill. Meilen zurück, in einer Secunde also circa 42000 geogr. Meilen. Mit diesem Ergebnisse konnte man nun eine Erscheinung erklären, die J. Bradley 1727 entdeckte und als Aberration (Abirrung) des Lichtes bezeichnet wird. Um diese deutlich zu machen, wollen wir ein Beispiel voranschicken, das im Wesentlichen ganz denselben Vorgang zeigt. Man denke sich in a eine Kanone aufgepflanzt, m s sei ein Schiff in der Schußweite dieses Geschützes. Nun denke man sich das Schiff in rascher Bewegung in der Richtung von m nach s. Die Kugel schlage nun in c ein Loch in die eine Wand, das Schiff bewegt sich aber so rasch vorwärts, daß nicht mehr die in gerader Linie mit a und c liegende Stelle d, sondern die Stelle g von der gerade durch das Schiff hindurchfliegenden Kugel getroffen wird. Sieht man nun durch die beiden Löcher g und c, so glaubt man, wenn man das Schiff in der Ruhe betrachtet, die Kugel, die ja in gerader Richtung fliegt, müsse aus b gekommen sein. Bewegte sich das Schiff von s nach m, so wird dieselbe Kanone, wenn die Kugel wieder in c einschlägt in f zu stehen scheinen, wenn man sie wieder durch die Richtung der beiden Löcher e und c bestimmte. Bewegte sich das Schiff gar nicht, oder in der Richtung von c nach a, oder in der entgegengesetzten von a gerade weg, so würden die Löcher immer in der wahren Richtung des Schusses a c gesehen werden. Die



Größe des Winkels, den die Linien a d und g b mit einander machen, hängt von dem Verhältnisse der Schnelligkeit des Schiffes zu der der Kugel ab. Kennt man die Geschwindigkeit des Schiffes, so kann man aus dieser und dem Winkel g c d die Schnelligkeit der Kugel berechnen, oder aus der bekannten Schnelligkeit der Kugel und dem Winkel die Schnelligkeit des Schiffes. Man denke sich nun an die Stelle der Kanone einen Stern, statt der Kugel einen Lichtstrahl, statt des Schiffes das Fernrohr eines Beobachters, so wird ganz dasselbe eintreten wie bei dem Schiffe. Bewegt sich die Erde gerade gegen den Stern zu oder gerade von ihm weg, so wird man ihn in seiner wahren Stelle erblicken, würde sie still stehen, so würde man ein und denselben Stern ebenfalls stets an derselben Stelle erblicken. Nun hat aber Bradley eben bei der genauen Beobachtung verschiedener Fixsterne gefunden, daß dieselben scheinbar ihren Ort zu verändern schienen und daß diese Ortsveränderung ganz genau mit der Bewegung der Erde und deren Stellung gegen einen Stern zusammenhing. Der Aberrationswinkel g c d beträgt nun, wegen der ungeheueren Schnelligkeit des Lichtes, nach den genauesten wiederholt vorgenommenen Messungen von Struve, 20²/₁₀ Secunden. Würden wir in unserer Figur die Linie c d uns 10000 Fuß lang denken, so würde bei diesem Winkel g d nicht einmal ganz einen Fuß lang.

Aus den Beobachtungen an den Jupiterstrabanten wurde die Geschwindigkeit des Lichtes zu 41994 geogr. Meilen von Delambre bestimmt. Da wir die Geschwindigkeit der Erde auf ihrer Bahn kennen, so haben wir alle Mittel um aus dem Aberrationswinkel die Schnelligkeit des Lichtes ebenfalls zu berechnen. Struve hat daraus die Geschwindigkeit des Lichtes zn 41549 geogr. Meilen in der Secunde gefunden. Ganz unabhängig von allen astronomischen Berechnungen hat Fizeau durch einen sehr sinnreichen Apparat die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes auf der Erde zu 41994 Meilen berechnet [3]).

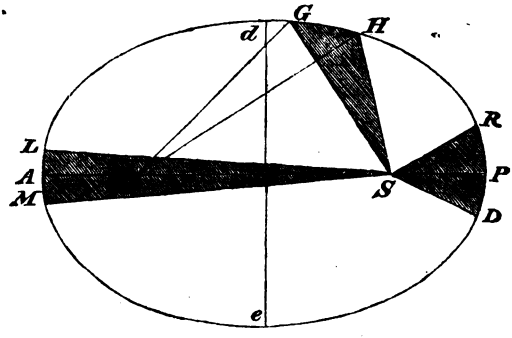
Es zeigt sich also in der That eine so genaue Uebereinstimmung der auf so verschiedenem Wege gefundenen Resultate, daß die Voraussetzungen und Schlüsse, aus welchen sie hervorgegangen sind und zu welchen sie führen, gewiß auf den Grad von Sicherheit Anspruch machen können, den irgend ein Schluß aus Beobachtung physikalischer Erscheinungen haben kann, und die Aberration

des Lichtes ist ebenso, wie das spätere und wieder frühere Eintreten der Finsternisse der Jupiterstrabanten ein Beweis für die Bewegung der Erde um die Sonne.

Hatte das Copernicanische System schon in der ersten Zeit seines Bekanntwerdens durch seine große Einfachheit und die Leichtigkeit, mit welcher es alle astronomischen Erscheinungen erklären ließ, sich rasch Eingang verschafft, so verstummte vollends aller wissenschaftliche Widerspruch, als Kepler die im ganzen Planetensysteme herrschenden Gesetze der Bewegung nachwies und darauf gestützt Newton die allgemeine Ursache aller Bewegungen entdeckte und dadurch die Nothwendigkeit dieser Erscheinungen, die Abhängigkeit derselben von einem allgemeinen, so weit wir es kennen, im ganzen Universum ausnahmslos herrschenden physikalischen Gesetze — dem Gesetze der Schwere — darthat. Wir wollen zuerst die berühmten drei Keplerischen Gesetze erörtern und dann das von Newton aufgefundene Gesetz der Schwere als Ursache jener, als Beweis der Nothwendigkeit derselben betrachten.

Erstes Keplerisches Gesetz: Copernicus hatte in seinem Systeme die Bahnen der Planeten um die Sonne als kreisförmig angenommen. Als Kepler aber unter dieser Voraussetzung die Bewegungen des Mars um die Sonne verfolgte und die Beobachtung mit der Berechnung verglich, ergab sich eine bedeutende Differenz zwischen beiden. Die ungleiche Entfernung der Erde von der Sonne in den verschiedenen Jahreszeiten und die daraus erklärliche bemerkbare verschiedene scheinbare Größe der Sonne hatten Kepler früher schon darauf geführt, daß die Sonne nicht im Centrum der Kreisbahn der Erde stehen könne, und er suchte nun unter derselben Voraussetzung die Bewegung des Mars zu bestimmen. Allein er fand bald, daß auch mit dieser Annahme Berechnung und Beobachtung sich in keiner Weise in Uebereinstimmung bringen ließen. Er suchte nun die Gestalt seiner Bahn zu finden, indem er die Entfernung dieses Planeten von der Sonne an drei von einander möglichst weit abstehenden Punkten seiner Bahn unter Zugrundelegung einer excentrischen Kreisbahn für die Erde aus seiner beobachteten Stellung berechnete. Er fand daraus wirklich, daß eine Abweichung von der Kreisgestalt für die Marsbahn angenommen werden müsse und als er als einfachste Abweichung eine elliptische Bahn annahm, stimmte die Beobachtung und die Berechnung voll-

kommen genau überein. Nun ging Kepler auch an eine genauere Untersuchung der Bahn der übrigen Planeten und fand auf diese Weise das nach ihm s. g. erste Keplerische Gesetz: Alle Planeten bewegen sich nicht in Kreisen, sondern in **Ellipsen** um die Sonne, die in einem **Brennpunkte** derselben steht. Die folgende Figur stellt eine Ellipse dar. Die Linie A P heißt die große Achse, die auf ihr senkrechte, durch den Mittelpunkt C gehende Linie e d heißt die kleine Achse, S und E sind die Brennpunkte. Linien, welche von den Brennpunkten nach dem Umkreise gezogen werden, wie z. B. S G und E H heißen Leitstrahlen oder radii vectores. Die Entfernung eines Brennpunktes vom Mittelpunkte C heißt die Excentricität der Ellipse.




Je geringer die Excentricität wird, desto mehr nähert sich die Ellipse einem Kreise. Bei den Planetenbahnen ist sie sehr gering, bei keiner so groß, wie in obiger Figur. Ist die Sonne in S und der Planet befindet sich in seiner Bahn in P, so sagt man, er sei in der Sonnennähe, im Perihelium, während der Punkt A als Sonnenferne, als Aphelium, bezeichnet wird. Die Linie A P heißt auch die Apsidenlinie.

Zweites Gesetz: Durch Beobachtung wußte Kepler, daß nicht nur die entfernteren Planeten eine geringere Schnelligkeit des Laufes besäßen, sondern auch, daß sie an verschiedenen Theilen ihrer Bahnen sich mit verschiedener Schnelligkeit bewegten, und zwar am schnellsten in der Sonnennähe, am langsamsten in der Sonnenferne. Er suchte auch hiefür ein allgemein gültiges Gesetz zu finden, und auch dieses zu entdecken, war ihm vorbehalten. Es

läßt sich dasselbe in folgenden Worten aussprechen: Die radii vectores, d. h. die Linien, welche von der Sonne nach dem Planeten gezogen gedacht werden, schneiden in **gleichen Zeiten gleichgroße Räume** aus der Ebene seiner Bahn ab. Ist daher in S die Sonne und D R der Weg, den ein Planet in einer bestimmten Zeit zurücklegt, wenn er sich in der Sonnennähe befindet, so bewegt er sich in derselben Zeit in der Sonnenferne nur von L nach M, oder H nach G und die Räume D R S, S G H und L S M sind einander dem Flächeninhalte nach gleich (den Beweis hiefür siehe Anm. 5 zu diesem Kap.). Auch dieses Gesetz ist durch alle Beobachtungen bestätigt worden. Wir wollen nur eine Erscheinung berühren, die aus diesem Keplerischen Gesetze sich erklären läßt und zum Verständnisse unserer gewöhnlichen Haus-Kalender nothwendig ist. Es ist dieses die ungleiche Dauer des Sonnentages, die Nichtübereinstimmung unserer gewöhnlichen Uhren mit den Sonnenuhren. Hat man nämlich eine genau gehende Uhr, und vergleicht sie mit einer Sonnenuhr, so wird man finden, daß nach einiger Zeit, wenn die Taschenuhr Mittag zeigt, die Sonnenuhr entweder früher oder zu anderer Jahreszeit später Mittag hat, daß also einmal mehr, ein andermal weniger Zeit von einem Mittage zum andern verfließt. Wir haben oben p. 208 die Ungleichheit zwischen dem Sternen- und Sonnentag auseinandergesetzt. Wir können dieselbe Figur zur Erklärung der verschiedenen Dauer der Sonnentage benützen. Nehmen wir an, die Erde bewege sich in ihrer Sonnenferne in 24 Stunden unserer Zeituhren von 1 nach 2, so vergeht von einer Sonnenculmination zur andern (von einem Mittage zum andern) soviel Zeit, als nöthig ist, daß eine volle Umdrehung des Punktes a der Erde Statt findet, ein voller Sternentag — und dazu noch der Punkt a den Bogen a c zurückgelegt hat. In der Sonnennähe bewegt sich aber die Erde viel rascher; bewegt sie sich in der Sonnenferne in 24 Stunden von 1 nach 2, dagegen in der Sonnennähe so weit wie von 1 nach 3, so ist klar, daß der Punkt a von einer Sonnenculmination zur andern erstens eine volle Umdrehung und dann noch den Bogen a d zurücklegen muß, der viel größer ist als der Bogen a c. Bewegt sich also die Erde langsamer, legt sie einen kleineren Theil ihrer Bahn um die Sonne innerhalb 24 Stunden nach unseren Uhren zurück, so ist der Sonnentag um ein Geringeres länger,

als der Sternentag, während bei rascherer Bewegung der Erde die Differenz zwischen Sonnen- und Sternentag eine größere wird. Bemerken wir genau nach einer guten Uhr wie viel Stunden, Minuten und Secunden die Erde zur Vollendung eines vollen Umlaufes um die Sonne brauchte und dividiren dieselbe mit der Anzahl der Sonnentage, die in dieser Zeit verflossen, so erhalten wir daraus die mittlere Dauer eines Sonnentages. Richten wir unsere Uhren genau so, daß 24 Stunden derselben der Dauer eines mittleren Sonnentages entsprechen, so werden wir bald gewahr, wie zur Zeit der Sonnennähe von einer Culmination der Sonne zur andern mehr, in der Sonnenferne dagegen weniger Zeit verstreicht. Mitte Februar und Anfang November beträgt die Differenz zwischen Sonnen- und gewöhnlichen, nach der mittleren Zeit gehenden Uhren etwa eine Viertelstunde; zu jener Zeit zeigen die gewöhnlichen Uhren ¼ über 12, in dieser (November) ¾ über 11 Uhr.

Drittes Keplerisches Gesetz. 17 Jahre lang hatte Kepler mühselige Untersuchungen über das Verhältniß, in welchem die Umlaufszeiten der verschiedenen Planeten zu ihren Entfernungen stehen, angestellt, als er endlich am 15. Mai 1618 folgendes wichtige Gesetz fand: Die Quadratzahlen der siderischen Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich gegen einander, wie die Kubikzahlen ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne, — oder: Die Umlaufszeiten selbst verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den Kubikzahlen ihrer mittleren Entfernungen *). Wir wollen dies an einigen Beispielen erläutern:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Umlaufszeit des Mercur . . | 88 Tage | $= 88^2$ | $= 7744$ |
| „ der Venus . . | 224 „ | $= 224^2$ | $= 49176$ |
| Mittlere Entfernung Mercurs | 8 Mill. M. | $= 8^3$ | $= 512$ |
| „ „ der Venus | 15 „ | $= 15^3$ | $= 3375.$ |

Ist das Gesetz richtig, so muß also folgende Proportion richtig

*) Multiplicirt man eine Zahl einmal mit sich selbst, setzt man sie also zweimal als Factor, so heißt man das Product die Quadratzahl oder das Quadrat derselben, setzt man sie dreimal als Factor, so ist das Product die Kubikzahl, z. B. 9 ist das Quadrat von 3, da $3 \times 3 = 9$, 27 ist die Kubikzahl von 3, da $3 \times 3 \times 3 = 27$ ist. Dagegen ist 3 die Quadratwurzel aus 9 und die Kubikwurzel aus 27.

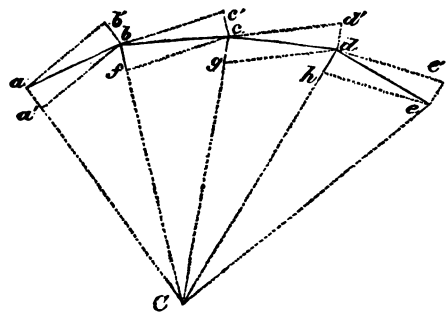
sein: 7744 : 49176 = 512 : 3375. Dies ist auch der Fall, dividiren wir das erste Verhältniß mit 7744, das zweite mit 512, so erhalten wir die Proportion: $1 : 6^{2712/7744} = 1 : 6^{303/512}$.

Man hat dieses äußerst wichtige Gesetz vielfach angewandt, um die mittleren Entfernungen der Planeten zu berechnen, deren Bewegung und Umlaufszeit direct sich viel leichter beobachten, als ihre Entfernung sich berechnen läßt, unter Anderm neuerdings bei Berechnung der Entfernung des äußersten, vor wenig Jahren entdeckten Planeten Neptun, dessen Umlaufszeit 166 Jahre, dessen mittlere Entfernung demnach c. 621 Mill. Meilen beträgt. (Littrow.)

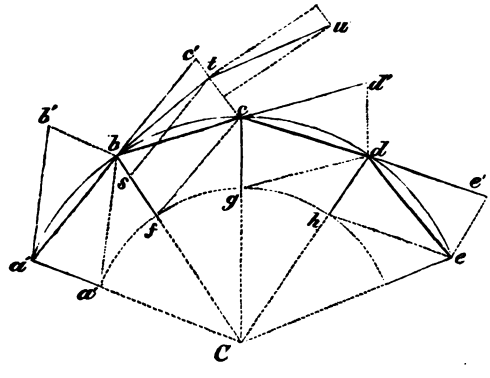
Wir haben nur einige Beispiele zur Erläuterung der drei Kepler'schen Fundamentalgesetze angeführt, die auch durch die genauesten späteren Beobachtungen als vollkommen richtig sich erwiesen. Es war dem mühsamen, unermüdlichen Forscher nicht gegönnt, auch das noch zu finden, daß die von ihm im Planetensysteme entdeckten drei Gesetze Folge einer im ganzen Universum ausnahmslos herrschenden Kraft seien. 1630 starb Kepler, 1642 wurde der Mann geboren, der diesen letzten großer Schritt zum Ziele ausführte, Isaac Newton. Ihm war es vorbehalten, die harmonische Weltordnung, wie sie Kepler in den Bewegungen der Himmelskörper unseres Planetensystems als Wirklichkeit erkannt hatte, deren einzelne Gesetze sie ihm nach langjährigem Betrachten und Befragen geoffenbart hatten, zu erkennen als Wirkung einer allgegenwärtigen Kraft, als abhängig von einem obersten allgemeinen Weltgesetze, ebenso gültig für die uns fernsten unermeßlich großen Sonnen, wie für die uns nächsten verschwindend kleinen Staubatome, dem Gesetze der gegenseitigen Anziehung der Körper unter einander, dem s. g. Gesetze der Schwere oder Gravitation. Ein vom Baume fallender Apfel soll die Veranlassung gewesen sein, daß Newton 1666 sich zuerst ernstlicher mit der Wirkung der Anziehungskraft unserer Erde auf alle sich auf ihr befindlichen Körper beschäftigte. Auf den höchsten Bergen wirkt sie noch, die äußersten Theile der Atmosphäre werden durch sie an die Erde gefesselt; wirkt sie auch noch auf den Mond? Ist sie es vielleicht, die ihn auf seiner Bahn erhält, ihn nicht von der Erde sich entfernen läßt? In welchem Verhältnisse ist sie auf ihm wohl geringer, als an der Oberfläche der Erde? Solche Gedanken führten ihn darauf, auch für die Sonne eine ähnliche anziehende Kraft auf

die Planeten anzunehmen und die Keplerischen Gesetze zu Betrachtungen über die Abnahme der Anziehungskraft mit der Entfernung von dem Mittelpunkte des anziehenden Körpers zu benützen. Er stellte zunächst Beobachtungen über den Mondslauf in dieser Beziehung an, bald kamen noch die bei Gelegenheit der Picard'schen Gradmessung gemachten Pendelbeobachtungen über die Abnahme der Schwere gegen den Aequator zu (s. pag. 24) zur allgemeinen Kenntniß und so machte Newton in seinem 1687 zu London erschienenen Werke „Principia mathematica philosoph. natural." seine Entdeckung bekannt, das Gesetz, welches wir schon Kap. III. erwähnten, „daß die Schwerkraft wie das Quadrat der Entfernung vom Mittelpunkte der Erde abnehme." Bald wurde dies Gesetz als allgemein gültig für alle Körper anerkannt. Es läßt sich folgendermaßen aussprechen: Jeder Körper übt auf alle anderen eine Anziehung an, die im geraden Verhältnisse zu den Massen der verschiedenen Körper steht und mit der Entfernung nach dem Quadrate derselben abnimmt.

Wir wollen nun betrachten, wie dieses Gesetz auf die Bewegungserscheinungen der Planeten angewandt werden kann und wie die Keplerischen Gesetze davon abhängig sind. Es befinde sich in a ein Körper, dem wir einen Stoß in der Richtung a b' versetzen und zwar mit einer Gewalt, daß er in einer Secunde von a nach b' fliegen würde, so würde er wirklich in dieser Richtung sich bewegen, wenn keine andere Kraft von einer andern Seite auf ihn einwirkte. Nun sei aber in C ein Körper, welcher eine so starke Anziehung auf ihn ausübt, daß er in derselben Zeit — einer Secunde — sich um das Stück a a' demselben nähern würde, wofern diese Anziehung allein auf den Körper a einwirkte. Wirken nun beide Kräfte, der Stoß und die Anziehung, zugleich, so kann er weder nach a b' noch nach a a' gelangen, sondern wird einen mittleren Weg zwischen beiden einschlagen, und in Folge dessen nach b gelangen, in einer Secunde den Weg a b zurücklegen. In b angelangt, hat also der Körper a eine Schnelligkeit erhalten, die ihn in einer Secunde eine Strecke = a b fortführt. Würde die Anziehungskraft jetzt nicht wirken, so würde er in der zweiten Secunde den Weg b c' = a b in gerader Richtung zurücklegen, allein die Anziehungskraft wirkt auch hier abermals auf ihn ein,



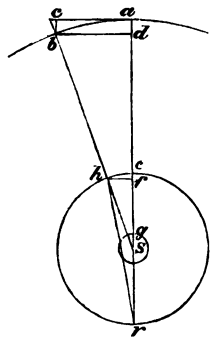

ſie würde den Körper in einer Secunde von b nach f führen, er wird alſo auch in der zweiten Secunde abgelenkt aus der Richtung a b c' und den Weg b c zurücklegen. In der dritten Secunde würde ihn die in der zweiten erhaltene Bewegung b c nach d' führen, die Anziehungskraft in derſelben Zeit nach c g, beide zugleich nach d, ebenſo wird er, beiden folgend, in der vierten Secunde nach e gelangen u. ſ. f. Im Allgemeinen geht ſchon aus der Betrachtung unſerer Figur hervor, daß eine derartige, aus zwei Kräften reſultirende Bewegung einen Körper um den anziehenden herumführen müſſe *). Es kommt nun ganz allein darauf an, in welchem Verhältniſſe die beiden Kräfte, die anziehende, die Schwerkraft, oder, wie man ſie auch nennt, die Centripetalkraft, zu der von dem Anziehungspunkte wegſtrebenden, in der Richtung a b' urſprünglich wirkenden Flieh- oder Centrifugalkraft, ſtehen, welche Form die Bahn des Körpers a daraus erhalte. Iſt das Verhältniß a a' zu a b' ſo, daß b in den Umfang eines Kreiſes zu liegen kommt, ſo kommen, wie die nebenſtehende Figur zeigt, alle übrigen Orte des




*) Wir können uns jede krumme Linie als aus unendlich kleinen geraden zuſammengeſetzt denken; denken wir z. B. die Linie a b unendlich klein, ebenſo den Winkel a C b äußerſt klein, ſo wird ſie wirklich mit der Kreislinie ſelbſt zuſammenfallen und deswegen laſſen ſich die eben angegebenen Betrachtungen auf krumme Linien ohne Weiteres anwenden.

bewegten Körpers in den Kreisumfang, seine Bahn wird ein Kreis. Ist das Verhältniß ein anderes, so entsteht daraus eine Ellipse oder eine andere gekrümmte Bahn [4]).

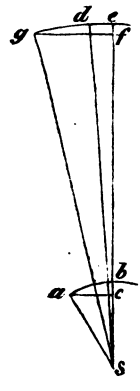
Man kann aber jede krummlinige Bahn als aus lauter kreisförmigen Stücken von unendlich kleiner Länge zusammengesetzt ansehen und auf jedes derselben die Gesetze anwenden, welche für einen Kreis von demselben Durchmesser gelten, wie der radius vector des in Rede stehenden Bahnstückes, so daß wir auf die elliptischen Planetenbahnen, die ohnehin sehr wenig von einer Kreisbahn abweichen, die für eine Kreisbewegung gefundenen Gesetze anwenden können.




Es sei nun in S ein Centralkörper und a b ein kleines Stück der Bahn eines um denselben kreisenden Planeten oder Mondes. Würde der Körper a nicht zugleich von dem Körper S angezogen, so würde er in einer gewissen Zeit von a nach c gelangen, die Anziehungskraft des Körpers S führt ihn aber in derselben Zeit um b c = a d aus der Richtung a c gegen S zu, so daß er den Weg a b zurücklegt, den wir für einen sehr kleinen Bogen, den der Körper a in sehr kurzer Zeit zurücklegt, als eine gerade Linie ansehen können; die Linie a d nun heißt der Sinus versus des Bogens a b, über die schon oben (Kap. II. Anm. 6) Weiteres mitgetheilt ist.

Wir wollen nun zeigen, wie Newton aus der Bewegung des Mondes jenes Gesetz über die Abnahme der Anziehungskraft nach dem Quadrate der Entfernung ableitete und bestätigt fand. Es sei in S die Erde, a b ein Theil der Mondsbahn um die Erde und zwar das Stück, das er in einer Secunde zurücklegt; seine Centrifugalkraft allein würde ihn in der Richtung a c forttreiben, die Anziehungskraft der Erde würde ihn in derselben Zeit von a nach d ziehen, in Folge dieser beiden Kräfte legt er den Weg a b zurück; a d (der Sinus versus des Bogens a b) giebt uns also auch hier das Maaß der Anziehungskraft der Erde auf den Mond. Durch die Beobachtung wissen wir, wie weit der Mond von der Erde entfernt ist, d. h. wir kennen den Halbmesser S a und S b, er beträgt ungefähr 60 Erdhalbmesser, d. h. er ist 60mal so groß als S g. Der Bogen, den der Mond wirklich in einer Zeit-

secunde zurücklegt, beträgt gerade 33 Tertien. Es läßt sich nun trigonometrisch leicht berechnen, daß das Stück a d, d. h. der Sinus versus eines Bogens von 33 Tertien, wenn der Halbmesser des Kreises 60 Erdhalbmesser beträgt, $^1/_{239}$ Fuß lang ist. Der Mond fällt also in einer Secunde um $^1/_{239}$ Fuß gegen die Erde zu, wird um soviel zu ihr hingezogen. Nach Newton's Gesetz nimmt aber die Anziehungskraft mit der Entfernung quadratisch ab. Wenn daher der Mond 60 Erdhalbmesser von dem Mittelpunkte der Erde entfernt ist, so muß er $60 \times 60$, d. h. 3600mal schwächer angezogen werden, als ein Körper auf der Oberfläche der Erde, der nur 1 Erdhalbmesser von ihrem Centrum entfernt ist. Auf der Erde fällt aber ein Körper 15,1 Fuß in einer Secunde; ist das Newton'sche Gesetz richtig, so muß der 60mal fernere Mond wirklich $60 \times 60$ oder 3600mal weniger stark gegen die Erde fallen. Es ist aber richtig $^{15,1}/_{3600} = {}^1/_{239}$ Fuß;




eine Uebereinstimmung, wie sie nicht schöner erwartet werden konnte. Wir wollen die Richtung dieses Gesetzes auch noch für den Jupiter und die Erde im Verhältnisse zur Anziehungskraft, die sie beide von der Sonne erleiden, betrachten. Es sei a b ein Theil der Erdbahn, g e ein Theil der Jupitersbahn. Für die Zeit, welche der Planet braucht, um einen sehr kleinen Bogen a b oder g e zu durchlaufen, giebt uns, wie wir oben gezeigt, der Sinus versus dieses Bogens, d. h. die Linie b c für den Bogen a b und e f für den Bogen g e, das Maaß der Anziehungskraft. Wenn wir daher die Entfernung der Erde und des Jupiters von der Sonne, den Halbmesser a S und g S kennen, zugleich die Größe des Bogens, welche die beiden Planeten in ein und derselben Zeit durchlaufen, so können wir daraus leicht die Größe der Linien e f und b c nach einfachen trigonometrischen Lehrsätzen finden. Berechnet man diese wirklich, so findet man, daß e f 27mal kleiner als b c ist*). Die Entfernung des Jupiters

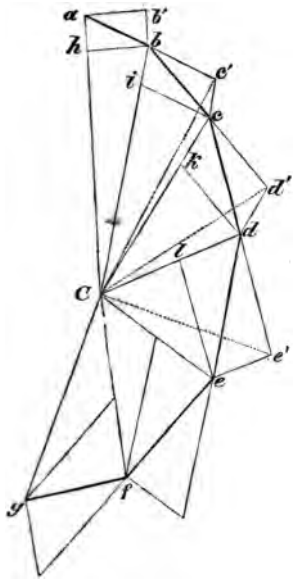
*) In der Figur ist b S und e S das richtige Verhältniß der Entfernungen der Erde und des Jupiters von der Sonne; während aber die Erde den Bogen a b zurücklegt, legt Jupiter nur den Bogen d e zurück,

ist aber 5,2mal größer, als die der Erde von der Sonne. Das Quadrat von 5,2 ist aber wirklich 27 (genau 27,04), d. h. also: Die Anziehungskraft der Sonne auf den Jupiter verglichen mit derjenigen, welche diese auf die Erde ausübt, nimmt wirklich nach dem Quadrate der Entfernungen ab.

Wir haben oben gesehen, daß die Planetenbahnen keine vollkommenen Kreise sind, daß aber jedes sehr kleine Stück derselben als ein Stück eines Kreises angesehen werden kann, daß die ganze Bahn daher aus einzelnen Bögen von Kreisen mit verschiedenen Halbmessern zusammengesetzt erscheint, auf deren einzelne kleine Stücke wir alle Gesetze, wie sie für einen Kreisbogen gelten, anwenden können. Da die Bahnen nun keine vollkommenen Kreise, sondern Ellipsen sind, so bleibt auch die Entfernung der Planeten von der Sonne keine gleiche; sie stehen ihr einmal näher, einmal ferner und damit ändert sich natürlich auch die Größe der Anziehungskraft, welche die Sonne auf dieselben ausübt. Sie werden einmal stärker angezogen, fallen in der gleichen Zeit rascher der Sonne zu, an einer entfernteren Stelle der Bahn ist dagegen die Schwerkraft, Centripetalkraft, geringer. Eine einfache Betrachtung der folgenden Figur mag hinreichen, zu zeigen, wie mit dieser wechselnden Centripetalkraft zugleich auch die Centrifugalkraft einem Wechsel unterliegt und dadurch das schnellere und wieder langsamere Fortbewegen der Planeten auf ihrer Bahn — für das wir oben im zweiten Keplerischen Gesetze den entsprechenden Ausdruck gegeben haben — sich erklären läßt. Es sei in C die Sonne, in a ein Planet, der sich in der Richtung a b' bewegt, zugleich aber auch durch die Anziehungskraft der Sonne um die Größe a h zu ihr hingezogen wird, in Folge dieser zwei Bewegungen daher in einer Secunde etwa nach b gelangt. In der nächsten Secunde würde er ohne die Anziehungskraft der Sonne in der Richtung b c' dahineilen und zwar mit derselben Schnelligkeit also um das Stück b c' = a b von b sich entfernen. In b ist er aber der Sonne näher gekommen, als er in a war, daher wirkt die Anziehungskraft stärker auf ihn, wir wollen annehmen, sie zöge ihn jetzt um b i, das größer ist als a h, in einer Secunde nach C, so wird er nun

---

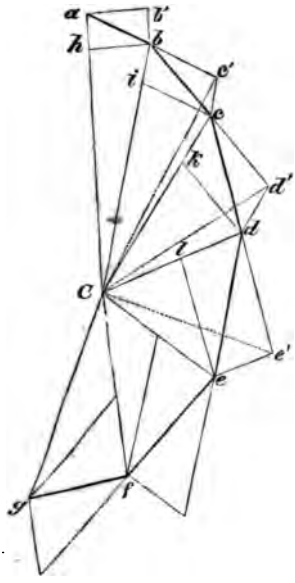
dessen Sinus versus bei diesem Maßstabe der Zeichnung nicht mehr angegeben werden kann.




durch die beiden Kräfte b c' und b i nach c getrieben. Er legt also in derselben Zeit das Stück b c seiner Bahn zurück, was offenbar größer ist als a b, d. h. er muß sich in der Sonnennähe schneller bewegen. In der dritten Secunde würde er ohne die Anziehungskraft der Sonne in der Richtung b c d' und zwar c d' = b c zurücklegen, da er aber in c wieder der Sonne näher ist als in b, so treibt ihn die stärkere Anziehung um ein noch größeres Stück, um c k, gegen die Sonne, die beiden Kräfte zugleich treiben den Planeten daher nach d u. s. f. Nun ist aber b c größer als a b, c d größer als b c, e d größer als d c, d. h. in gleichen Zeitabschnitten legt der Planet um so größere Strecken seiner Bahn zurück, je näher er der Sonne kommt, umgekehrt je weiter er sich entfernt, desto geringer wird seine Schnelligkeit (g f z. B. ist kleiner als f e). Das zweite Keplerische Gesetz liegt hierin enthalten. Ein sehr einfacher geometrischer Beweis zeigt uns, daß die Dreiecke a C b, b C c, c C d und alle möglichen folgenden einander dem Raume nach gleich sind, daß also die radii vectores in gleichen Zeiten gleiche Räume abschneiden. In Anmerkung 5 zu diesem Kapitel findet sich der geometrische Beweis für dieses Gesetz. Es ist also auch, wie durch die letzten Erörterungen dargethan ist, die Centrifugalkraft mit der Centripetalkraft einem Wechsel mit der wechselnden Entfernung der Planeten von der Sonne unterworfen. Jedoch nehmen diese Kräfte in einem ungleichen Verhältnisse ab und zu. Newton hat gezeigt, daß die Centripetalkraft im umgekehrten Verhältnisse zu dem Quadrate der Entfernung stehe, die Centrifugalkraft dagegen sich umgekehrt verhalte wie der Würfel der Entfernungen; d. h. ein Planet, der der Sonne zweimal näher kommt, wird $2 \times 2$, d. h. 4fach stärker angezogen, seine Centrifugalkraft ist aber dann $2 \times 2 \times 2$, d. h. 8fach stärker. Das dritte

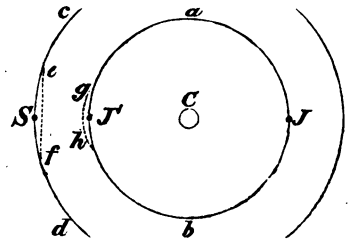
Keplerische Gesetz. Den geometrischen Beweis hiefür findet man ebenfalls in der Anmerkung 6 zu diesem Kapitel.

Die Auffindung dieses obersten physikalischen Gesetzes, des Gesetzes der Schwere, durch Newton, das wir eben auf die Bewegung der Planeten angewandt haben, hat zu den wichtigsten Entdeckungen Veranlassung gegeben und hat eine Menge der schwierigsten Erscheinungen und Probleme zu lösen gestattet, die vor Newton nicht erklärt werden konnten. Wir wollen nur zwei Anwendungen dieses Gesetzes auf Erscheinungen, die wir schon erwähnten, etwas näher betrachten. Die eine derselben ist das s. g. Vorrücken der Tag- und Nachtgleichen, das wir p. 215 dargestellt hatten, ohne dort einen Grund für diese eigenthümliche Bewegung der Erde anzugeben. In der That hatte vor Newton Niemand auch nur gewagt, eine physikalische Erklärung dieser Drehung der Erdachse zu geben, Newton selbst gelang es nicht vollkommen, diese schwierige Aufgabe auf mathematischem Wege vollkommen befriedigend und mit der Beobachtung ganz übereinstimmend zu lösen, was erst später durch die anhaltenden Bemühungen der größten Mathematiker gelang. Wir können hier nur ganz im Allgemeinen den Grund dieser Bewegung angeben. Man hat ihn in dem Umstande gefunden, daß vermöge der schiefen Stellung der Erdachse Sonne und Mond zu verschiedenen Zeiten verschiedene Theile der abgeplatteten Erdkugel stärker anziehen. Zur größeren Deutlichkeit wollen wir uns die Erde als eine Kugel denken, auf welcher wir die Anschwellung, welche sie in Folge der Abplattung erfuhr, als einen aufgelagerten dicken Ring uns vorstellen, und uns noch einmal die Stellung vergegenwärtigen, welche die Erde in den verschiedenen Jahreszeiten gegen die Sonne hat (siehe die Figur p. 205). Denken wir uns auf die Sonne versetzt, so wird die Erde sich in den vier Jahreszeiten so von der Sonne aus darstellen, wie es in unserer Figur dargestellt ist; die Buchstaben F, S, H, W entsprechen denselben wie auf der Figur p. 205 (Frühling, Sommer, Herbst, Winter), hier stelle der schattirte Theil die um den Aequator herum angeschwollene Erdmasse, jenen aufgelagerten Ring, vor.




durch die beiden Kräfte b c' und b i nach c getrieben. Er legt also in derselben Zeit das Stück b c seiner Bahn zurück, was offenbar größer ist als a b, d. h. er muß sich in der Sonnennähe schneller bewegen. In der dritten Secunde würde er ohne die Anziehungskraft der Sonne in der Richtung b c d' und zwar c d' = b c zurücklegen, da er aber in c wieder der Sonne näher ist als in b, so treibt ihn die stärkere Anziehung um ein noch größeres Stück, um c k, gegen die Sonne, die beiden Kräfte zugleich treiben den Planeten daher nach d u. s. f. Nun ist aber b c größer als a b, c d größer als b c, e d größer als d c, d. h. in gleichen Zeitabschnitten legt der Planet um so größere Strecken seiner Bahn zurück, je näher er der Sonne kommt, umgekehrt je weiter er sich entfernt, desto geringer wird seine Schnelligkeit (g f z. B. ist kleiner als f e). Das zweite Keplerische Gesetz liegt hierin enthalten. Ein sehr einfacher geometrischer Beweis zeigt uns, daß die Dreiecke a C b, b C c, c C d und alle möglichen folgenden einander dem Raume nach gleich sind, daß also die radii vectores in gleichen Zeiten gleiche Räume abschneiden. In Anmerkung 5 zu diesem Kapitel findet sich der geometrische Beweis für dieses Gesetz. Es ist also auch, wie durch die letzten Erörterungen dargethan ist, die Centrifugalkraft mit der Centripetalkraft einem Wechsel mit der wechselnden Entfernung der Planeten von der Sonne unterworfen. Jedoch nehmen diese Kräfte in einem ungleichen Verhältnisse ab und zu. Newton hat gezeigt, daß die Centripetalkraft im umgekehrten Verhältnisse zu dem Quadrate der Entfernung stehe, die Centrifugalkraft dagegen sich umgekehrt verhalte wie der Würfel der Entfernungen; d. h. ein Planet, der der Sonne zweimal näher kommt, wird $2 \times 2$, d. h. 4fach stärker angezogen, seine Centrifugalkraft ist aber dann $2 \times 2 \times 2$, d. h. 8fach stärker. Das dritte

z. B. in C die Sonne, a b die Jupitersbahn, c d ein Stück der Bahn Saturns. Es stehe nun Jupiter in J, wenn Saturn in S sich befindet, so wird dieser, von der ungleich näheren und viel größeren Sonne angezogen, seine regelmäßige Bahn beschreiben. Die Einwirkung von Jupiter wird unmerklich sein. Nun treffe es sich aber, daß Saturn in S stehe, zu derselben Zeit, wo Jupiter in J' sich befindet. In diesem Falle kann man die Einwirkung Jupiters und Saturns aufeinander deutlich bemerken. Ihr regelmäßiger Lauf, wie er Statt findet, wenn sie der Anziehung der Sonne allein ausgesetzt wären, erleidet eine Störung, beide weichen von ihrer gewöhnlichen Bahn etwas ab, und zwar nähern sie sich




einander etwas, so daß Saturn der Sonne näher, Jupiter derselben ferner gerückt wird, Jupiter die Ausbeugung g h, Saturn die Einbiegung e f erleidet. Mit dieser Formveränderung, die bald eine Verringerung bald eine Vermehrung der Excentricität bedingt, muß aber auch eine Aenderung der davon abhängigen Umlaufszeit eintreten, und so sehen wir, daß durch die Störungen Jupiter bald schneller, Saturn langsamer und umgekehrt wieder Jupiter langsamer und Saturn schneller läuft als im nicht gestörten Zustande. Man hat auf das Genaueste die Störungen berechnet, welche durch die verschiedenen Planeten und deren verschiedene Stellungen die einzelnen Planeten erleiden, ihren wirklichen Lauf darnach genau berechnet und war dadurch schon im Stande, durch sorgfältige Vergleichung der berechneten und beobachteten Bahnen, das Vorhandensein neuer entfernter Planeten und den Ort, an welchem sie sich befinden müßten, vorauszubestimmen. In wieferne dies möglich ist, mag unsere vorige Figur zu erläutern dienen. Gesetzt, man wisse nichts von dem Vorhandensein des Planeten S unserer vorigen Figur und habe nun, ohne Rücksicht auf denselben, aus längeren Beobachtungen und nach den Keplerischen und Newton'schen Gesetzen die Bahn des Planeten J in der Form a J' h bestimmt, nach längerer Zeit findet man nun, daß diese Bahn die Form a g J h annehme, d. h. daß der Planet von der Sonne abgezogen werde, langsamer laufe, so wird man daraus auf das

Vorhandensein eines den Planeten J in der Richtung von J nach S anziehenden Körpers schließen und wenn man den Punkt, an welchem der Planet die stärkste Störung erleidet, genau kennt, wird man dadurch auch genau die Richtung bestimmen können, in welcher sich dieser der Anziehungskraft der Sonne entgegenwirkende Körper befindet. Das Vorhandensein des Uranus wurde aus solchen Störungen lange vor seiner wirklichen Entdeckung erkannt, und neuerdings Neptun auf ähnliche Rechnungen hin gesucht und gefunden [8]).

Es ließen sich noch viele Erscheinungen anführen, welche die Einwirkung der verschiedenen Himmelskörper unseres Planetensystemes aufeinander darthun und alle die entschiedensten Beweise für die Richtigkeit des Newton'schen Gesetzes liefern. Es wird nur noch weniger Worte bedürfen, um darzulegen, wie diese gegenseitigen Einwirkungen das Mittel liefern, die Schwere der verschiedenen Himmelskörper zu berechnen.

Wir haben im dritten Kapitel auseinandergesetzt, wie man durch Vergleichung der Einwirkung der ganzen Erdmasse und eines anderen Körpers von bekannter Größe und bekanntem Gewichte auf einen dritten nach Newton's Gesetzen das Gewicht der Erde fand. Vergleicht man nun die Einwirkung der Erde auf einen Himmelskörper mit der eines anderen oder der Sonne auf diesen, oder die gegenseitigen Ablenkungen und Anziehungen, welche die Erde erleidet und ausübt, so kann man auf diese Weise, da die Größe und Entfernung sämmtlicher Körper unseres Planetensystemes uns bekannt ist, die Masse und das Gewicht derselben berechnen. Wir wollen dies an einem Beispiele erläutern. Es wurde oben schon auseinandergesetzt, daß für einen um einen Centralkörper kreisenden anderen Körper, einen Planeten oder Trabanten, der Sinus versus eines sehr kleinen Bogens das Maaß der Anziehungskraft für die Zeit giebt, welche der Trabant ꝛc. braucht, um diesen Bogen seiner Bahn zurückzulegen. Daraus erhellt nun, daß zwei Trabanten zweier verschiedenen Planeten dann gleich stark von ihrem Centralkörper, um den sie sich herumbewegen, angezogen werden, wenn sie bei gleicher Entfernung mit gleicher Schnelligkeit ihren Umlauf vollenden. Unter den vier Monden des Jupiters hat der erste oder nächste ziemlich dieselbe Entfernung von diesem Planeten, wie unser Mond von der

Erde. Wäre seine Umlaufszeit ebenso lang, als die unseres Mondes, so würde die Anziehungskraft Jupiters und die der Erde vollkommen gleich, d. h. Jupiter und Erde gleich schwer sein. Da aber Jupiter circa 1300mal größer als die Erde ist, müßte sein specifisches Gewicht 1300mal geringer als das unserer Erde sein. In der Wirklichkeit durchläuft aber der erste Jupitersmond seine Bahn 16mal geschwinder als unser Mond die seinige; legt also in einer Secunde einen 16mal größeren Bogen zurück als unser Mond. Die Geometrie lehrt aber, daß der Sinus versus eines 16mal größeren Bogens bei gleichem Halbmesser des Kreises $16 \times 16$, d. h. 256mal größer sei, als der eines 16mal kleineren; die Anziehung, die der Jupiter auf seinen Mond ausübt, für die uns ja eben der Sinus versus das Maaß giebt, ist also $16 \times 16$, d. h. 256mal größer als diejenige, welche unsere Erde gegen ihren gleich weit entfernten Mond äußert. Die 1300mal größere Jupiterskugel ist daher nur 256mal schwerer, ihre Masse ist nur 256mal größer, als die unserer Erdkugel. Jupiter muß daher eine $^{1300}/_{256}$, d. h. eine 5,07mal geringere Dichtigkeit, ein 5,07mal geringeres specifisches Gewicht haben *).

Aehnliche Betrachtungen und Untersuchungen haben auch höchst merkwürdige Aufschlüsse über die Natur einer Klasse von Himmelskörpern gegeben, welche von jeher durch ihr eigenthümliches Aussehen, ihr plötzliches Erscheinen und rasches Verschwinden die Phantasie der Erdenbewohner in Anspruch genommen und viele unnöthige Furcht und Angst verbreitet haben. Es sind dieses die sogenannten Kometen. Ihre Formen sind außerordentlich verschieden. Die meisten lassen zwei Theile erkennen, einen helleren, oft außerordentlich intensiv leuchtenden runden Kern, an den sich ein einfacher oder selbst vielfacher sogenannter Schweif, weniger stark glänzend als der Kern, anschließt. Der Schweif fehlt jedoch manchen teleskopischen vollkommen. Der Kern ist gewöhnlich ohne scharfe Begrenzung, doch manchmal auch deutlich begrenzt und erscheint als ein planetenähnliches Scheibchen von verschiedener Größe, dessen Durchmesser von 6—7 Meilen bis zu 134 Meilen gefunden wurde. Der Schweif dagegen zeigt sich als ein ver-

*) Das Resultat ist deßhalb nicht ganz genau, weil der erste Jupitersmond nicht, wie hier angenommen wurde, genau dieselbe Entfernung von seinem Planeten hat, wie unser Mond von der Erde.

schwimmendes Lichtgebilde, das oft eine Länge von mehreren Millionen Meilen hat. Der Komet von 1680 und 1811 hatte einen Schweif, der so lang war, als die Entfernung der Erde von der Sonne. Eigenthümliche Formveränderungen gehen oft in diesen Gebilden vor sich, ja in der neuesten Zeit (1845) hat sich einer, der Biela'sche Komet, in zwei zertheilt, die beide getrennt ihren Weg fortsetzten. Was nun den Lauf der Kometen betrifft, so ist es von einem Theile derselben gewiß, daß sie sich in Ellipsen um die Sonne in einer bestimmten Zeit bewegen. Was ihre Bahnen von den der Planeten unterscheidet, ist der Umstand, daß sie eine sehr bedeutende Excentricität besitzen, in sehr lang gestreckten Ellipsen sich bewegen, die Bahnen mehrerer Planeten durchschneiden, und sehr bedeutende Winkel mit der Ekliptik machen. Verhältnißmäßig wenige sind bis jetzt genauer berechnet, von mehreren Tausenden, die man als vorhanden annehmen kann, bis 1847 nur 178. Schon unter diesen ist eine außerordentliche Verschiedenheit ihrer Bahnelemente bemerklich. Während der sogenannte Encke'sche Komet eine Umlaufszeit von 3,3 Jahren hat, kommt dem großen Kometen von 1680 eine von 8813 Jahren zu. Seine Excentricität ist dabei so bedeutend, daß er in seinem Perihel dem Sonnencentrum auf 28000 Meilen nahe kommt, also 62mal näher als der der Sonne nächste Planet Mercur, in seinem Aphel dagegen 20mal ferner als der fernste Planet, als Neptun, sich befindet. Andere kommen dagegen der Sonne in ihrer größten Nähe nicht näher als Jupiter und entfernen sich dann wieder in ungemessene Entfernungen von derselben.

Wir haben schon Anm. 4 dieses Kapitel auseinander gesetzt, wie schwierig es sei, wenn man nur einen Theil der Bahn eines Himmelskörpers beobachten könne, zu entscheiden, ob dieselbe eine langgezogene Ellipse, eine Parabel oder Hyperbel sei; es ist daher für viele Kometen noch nicht ausgemacht, ob sie elliptische Bahnen haben. Ist dieses nicht der Fall, dann sind diese nicht Glieder unseres Sonnensystemes, sie haben dann keine in sich geschlossene Bahn und kehren nicht wieder zu unserer Sonne zurück, sondern wandern von ihr hinaus in den unendlichen Raum, bis sie dort etwa von einer anderen Sonne angezogen zu einem regelmäßigen Wandel gezwungen werden. Denn das haben uns die Beobachtungen aller, die in unserem Sonnensysteme, sei es als Bürger, sei

es als Fremdlinge, wanderten, gelehrt, daß auch sie dem allgemein gültigen Gesetze der Anziehung unterworfen seien, und eben diese Beobachtungen haben uns gezeigt, daß sie die harmlosesten Gebilde sind, die selbst im Falle eines Zusammenstoßes mit einem Planeten demselben keinen Schaden bringen würden, daß die Furcht, die man in früheren Zeiten vor ihnen hegte, vollkommen unbegründet sei. Es hat sich nämlich ergeben, daß ihre Masse, trotz der ungeheueren Ausdehnung des Schweifes, in ihrer Wirkung selbst auf untergeordnete Trabanten vollkommen unwahrnehmbar ist, d. h. daß selbst die größten Kometen in der Nähe kleiner Himmelskörper, z. B. der Jupitorstrabanten, gar keine anziehende, also ihren Lauf störende Wirkung auf dieselben ausübten, woraus folgt, daß ihre Masse eine geringere Dichtigkeit, als die allerdünnste Luft haben müsse. Nichtsdestoweniger haben sie jedoch eine deutlich nachweisbare und zwar nicht gasförmige Masse. Man erkennt dies daraus, daß sie, den Gesetzen der Anziehung unterworfen, sehr bedeutende Störungen von den Planeten erleiden, wenn sie denselben nahe kommen, daß sie polarisirtes Sonnenlicht enthalten, also Licht reflectiren *); und daß ihre Masse nicht gasförmig sei, geht auf das entschiedenste daraus hervor, daß sie Fixsterne, vor denen sie vorbeilaufen, deutlich selbst durch ihren Kern hindurch wahrnehmen lassen, ohne im mindesten das Licht derselben zu brechen, was sich leicht durch eine scheinbare Ortsveränderung des Fixsternes kundgeben würde. Sie zeigen also auch in diesem Punkte, in Beziehung auf ihre Substanz, eine große Verschiedenheit von den Planeten. „Sie füllen bei der kleinsten Masse den größten Raum in unserem Sonnensysteme aus." (A. v. Humboldt.) Auch über sie wird erst die Folgezeit nähere Aufschlüsse geben **).

Durch Vergleichungen der Anziehungskräfte der verschiedenen Planeten untereinander und auf die Kometen mit der Anziehungskraft der Sonne auf sie, hat man nach und nach die Schwere sämmtlicher Planeten und der Sonne selbst gefunden, wie sie in

*) Ueber polarisirtes Licht s. Anm. 13 zu Kap. XII.

**) Ueber die Kometen s. das Nähere in v. Humboldt's Komos I. p. 104—117 und III. p. 557—574, und Mädler's popul. Astronomie. IV. Auflage, p. 282—331, wo auch eine Aufzählung der eschichtlich merkwürdigsten Kometen mitgetheilt ist.

der folgenden Tabelle enthalten sind, die nach den Angaben in v. Humboldt's Kosmos zusammengestellt ist.

| | Durchmesser in geogr. Meilen. | Körperlicher Inhalt, den der Erde = 1 gesetzt. | Dichtigkeit, die der Erde = 1 gesetzt. | Dichtigkeit, die des Wassers = 1 gesetzt. | Masse, die der Sonne = 1 gesetzt. |
|---|---|---|---|---|---|
| Sonne . . . . . | 192700 | 1,407124 | 0,252 | 1,37 | 1 |
| Mercur . . . . . | 671 | 0,06 | 1,234 | 6,71 | 1/4865751 |
| Venus . . . . . | 1694 | 0,975 | 0,940 | 5,11 | 1/401839 |
| Erde . . . . . | 1718,9 | 1 | 1,000 | 5,44 | 1/359551 |
| Mars . . . . . | 892 | 1/7,14 | 0,958 | 5,21 | 1/2680337 |
| Jupiter . . . . . | 19294 | 1411 | 0,243 | 1,32 | — |
| Saturn . . . . . | 15507 | 735 | 0,140 | 0,76 | 1/3501,6 |
| Uranus . . . . . | 7800 | 82 | 0,178 | 0,97 | 1/24605 |
| Neptun . . . . . | 8250 | 108 | 0,230 | 1,25 | 1/14446 |
| Mond der Erde . . | 454 | 0,185 | 0,619 | 3,367 | — |

Man sieht daraus, wie verschwindend klein der körperliche Inhalt und die Masse sämmtlicher Planeten zusammengenommen gegen die Sonne selbst ist (sie hat an 600mal mehr Umfang und 758mal mehr Masse als alle Planeten zusammen), wie gering demnach eigentlich die Störungen, die die Planeten unter sich aufeinander ausüben, sein müssen, wie sie aber dennoch im Laufe der Zeit bemerklich werden und der Rechnung unterworfen werden können. Eine Folge dieser Perturbationen, welche sich bei allen Planeten bemerklich macht, ist die, daß die Apsidenlinie (die Linie, welche den Punkt der Sonnennähe mit der Sonnenferne eines Planeten verbindet, s. p. 228) sich von Westen nach Osten bewegt, also die Ellipse, welche eine Planetenbahn beschreibt, beständig ihre Lage etwas verändert, so daß nach und nach das Aphelium und ebenso das Perihelium einen vollen Umlauf um die Sonne zurücklegt[9]). Welche Folge werden aber am Ende noch diese Störungen auf unser ganzes Planetensystem haben? Schon der Name „Störungen" ist geeignet, einige Besorgniß, wenn auch nur für die fernste Zukunft, einzuflößen. Werden sie nicht einmal doch über die harmonische Ordnung, die „Gesetze", welche bis jetzt die Macht der Sonne den Planeten für ihre Bahnen vor-

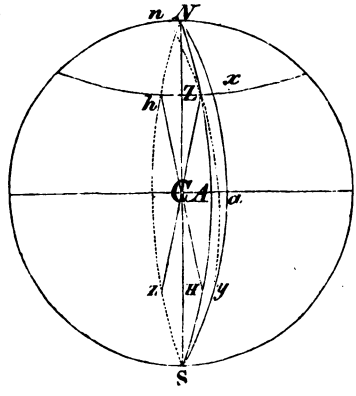
schreibt, die Ueberhand gewinnen, und eine unheilvolle Zerstörung veranlassen? Auch auf diese Frage giebt die Astronomie eine beruhigende Antwort. Man hat alle diese Störungen auf das Genaueste im Voraus berechnet und dabei gefunden, daß auch diese Störungen einem Gesetze unterworfen seien, das sie in solchen Schranken hält, daß sie dem Bestehen des ganzen Planetensystemes ebensowenig als der Existenz eines einzigen schaden können. Die Massen in unserem Planetensysteme sind so vertheilt, daß die Störungen sich nach und nach wieder aufheben, und Alles auf den alten Stand zurückgebracht wird [10]).

Man hat ferner gefunden, daß bei jeder anderen Vertheilung der Massen eine gänzliche Umgestaltung aller Verhältnisse unseres Planetensystemes Statt finden würde, und daß nur die, wirklich vorhandene, eine ewige Dauer derselben möglich macht. Es war dieses, so zu sagen, der Schlußstein des Copernicanischen Systemes, das von einer sinnreichen und durch ihre Einfachheit höchst wahrscheinlichen Hypothese, die es zu Copernicus' Zeiten noch immer war, durch Kepler, Newton und La Place zu einer Thatsache wurde, zu einem Systeme, in dem alle Glieder nach den schönsten und einfachsten Gesetzen, alle von einer ausnahmslose im ganzen All herrschenden Kraft bedingt zu einem großen harmonischen Ganzen von ewig möglicher ungestörter Dauer vereinigt sind. Es gehört die durch jene vier Männer errungene Erkenntniß dieser wunderbaren Einrichtung gewiß zu dem Schönsten, was je der menschliche Geist in der Natur verwirklicht angetroffen hat, und jeder Unbefangene wird gewiß ebenso über den lächeln, der hierin das Walten eines bloßen Zufalles annehmen will, wie über den, welcher an der Wahrheit derselben noch Zweifel zu äußern wagt [11]).

## Anmerkungen und Erläuterungen zum elften Kapitel.

1) zu S. 220. Tyho de Brahe führte unter Anderm ebenfalls als Beweis gegen das Copernicanische System an, daß ein fallender Körper gerade herabfiele. Er meinte, der Körper müsse, da sich die Erde von Osten nach Westen bewege, hinter der sich fortbewegenden Erde zurückbleiben, indem er nicht in Erwägung zog, daß jeder Körper auf der Erde die Neigung von West nach Ost sich zu bewegen durch die Schwungkraft erhalte. Newton entwickelte 1679, daß die fallenden Körper aus den oben angegebenen Gründen im Gegentheil ostwärts von der senkrechten Richtung zu Boden kommen müßten. Huyghens und seine Freunde machten 1790 und 91 derartige Versuche, die kein sicheres Resultat gaben. Auch die Versuche von Benzenberg waren nicht ganz befriedigend, die derselbe am Nicolaithurme in Hamburg 1804 anstellte, indem die Kugeln theils durch Luftzug, theils durch geringe Anstöße, die sie beim Fallenlassen erhielten, theilweise nicht nach Osten fielen. Die Versuche von Reich 1832 ergaben dagegen jenes befriedigende Resultat. Cfr. Poggendorff's Annalen Bd. 29. p. 494 ꝛc.

2) zu S. 223. Denken wir uns eine Linie senkrecht von dem Pole nach dem Centrum der Erde zu, so fällt diese mit der Erdachse zusammen. Gehen wir nun von dem Pole gegen den Aequator zu, so bildet die senkrechte Linie einen gegen den Aequator zu immer größer werdenden Winkel (Fig. p. 35). Diese Linie, innerhalb welcher ein Pendel an jedem Orte zur Ruhe kommt, beschreibt nun durch eine volle Umdrehung der Erde einen Kegel, dessen Spitze im Mittelpunkte der Erde ist, dessen Basis den Breitekreis bildet, in dem der betreffende Punkt der Oberfläche liegt, der gegen den Aequator zu immer stumpfer wird und unter dem Aequator selbst ein bloßer Kreis geworden ist. Man kann nun, wie folgende Betrachtung lehrt, die Bewegung, welche ein Punkt der Erdoberfläche durch die Achsendrehung der Erde erleidet, in zwei verschiedene Bewegungen zerlegen, welche zusammen eintretend ganz genau dieselbe Wirkung hervorbringen, und zwar in zwei gleichzeitige Rotationen um zwei Achsen, wovon die eine um die senkrechte Linie, die Vertikale des bestimmten Orts, die andere um eine auf ihr senkrechte, die Horizontale desselben, Statt findet, d. h. um die Linie, welche durch den Mittelpunkt der Erde parallel einer Tangente desselben geht. Wir wollen dies für den Punkt Z unserer Figur nachweisen. Es sei Z C die Vertikale des Punktes Z, H C h die Horizontale des Punktes Z, N Z H S die vordere, N h z S die hintere Hälfte des Meridianes von Z. Durch die Bewegung der Erde um ihre Achse N S kommt der Punkt Z in einer gewissen Zeit nach x. Man denke nun, daß sich die Erde um die Vertikale Z C z des Punktes Z bewege, so wird der Meridian N Z H S die Richtung des punktirten Bogens n Z y erhalten, der Punkt Z als Pol für diese Bewegung unverrückt bleiben, die Horizontale des Ortes aber die Lage C y haben. Denken wir uns nun eine Rotation um h C y als Achse, so wird dadurch der Meridian wieder aus der Richtung n Z y in die Lage N x S kommen, Z daher sich von Z nach x bewegen. Beide rotatorische Bewegungen zugleich wirkend gedacht, werden also für den Punkt Z dieselbe Folge haben, wie die um die Achse der Erde, d. h. sie werden ihn um den Bogen Z x auf seinem Parallelkreise fortbewegen. Nun ist aber offenbar, daß das Pendel an der einen Bewegung um C Z nicht Theil nimmt, ebenso wie es

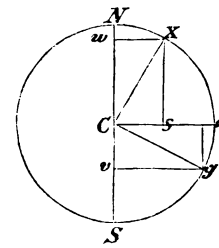


an dem Pole an der Bewegung um die Achse der Erde nicht Theil nimmt; es wird also nur um die Größe dieser Bewegung scheinbar zurückbleiben. Es läßt sich nun leicht zeigen, daß diese Bewegung gleich ist dem Bogen A a multiplicirt mit dem Sinus der geographischen Breite, während Z x gleich ist dem Bogen A a multiplicirt mit dem Cosinus der geographischen Breite *). Was aber für den Theil Z x des Parallelkreises gilt, gilt ebenso für alle übrigen gleichen und in gleichen Zeiten zurückgelegten Bögen desselben. In einer Stunde wird daher die eine Bewegung um die Vertikale $= {}^{360}/_{24}$ multiplicirt mit dem Sinus der Breite und die zweite um die Horizontale $= {}^{360}/_{24}$ multiplicirt mit dem Cosinus der Breite betragen, in 24 Stunden die erstere also 360 × Sinus der Breite sein, soviel also die scheinbare Aenderung der Schwingungsebene eines Pendels betragen. An dem Pole ist die Breite $= 90^0$, der Sinus von 90 ist aber $= 1$, also beträgt dort die Abweichung des Pendels in 24 Stunden gerade 360 Grade; unter $45^0$ ist sie $= 254\,{}^1/_2{}^0$, da Sinus $45^0 = {}^{707}/_{1000}$, also die Bewegung in 24 Stunden $= 360 \times {}^{707}/_{1000}$ beträgt. Unter dem Aequator wird der Sinus $= 0$; es wird also auch die Abweichung der Schwingungsebene des Pendels $= 0$ u. s. f. Im mittleren Deutschland, unter $50^0$ Breite, beträgt sie in 24 Stunden $275^0$, 45 Minuten, 36 Secunden, in einer Stunde also $11\,{}^1/_2{}^0$ und in einer Minute $11\,{}^1/_2$ Minuten, eine Größe, die bei einem langen Pendel, das einen großen Bogen beschreibt, schon nach wenig Schwingungen die Abweichung bemerklich werden läßt.

3) zu S. 226. Er richtete zwei Fernrohre in einer Entfernung von 8600 Meter so, daß man mit dem einen in das andere sehen konnte und brachte in beiden Spiegelchen so an, daß Licht von dem Spiegel des ersten nach dem

---

*) Dies findet man auf folgende Weise: Nimmt man den Bogen Z x sehr klein an, so kann man unbedenklich auch den Bogen Z y und x y zu $90^0$ annehmen, wie es der Voraussetzung nach Z H ist, und in diesem Falle giebt uns der Bogen H y das Maaß des Winkels H Z y, d. h. der Rotation um die Vertikale Z, und Z x das Maaß des Winkels Z y x, d. h. das Maaß der Rotation um die Horizontale C y, das Maaß der Rotation um die Erdachse N S giebt uns der von dem Meridiane in der angenommenen Zeit durchlaufene Bogen des Aequators A a. Es fragt sich nun: Wie verhalten sich die 3 Bögen Z x, A a und H y zu einander? Sie verhalten sich zu einander wie ihre Rotationshalbmesser, d. h. wie die Halbmesser der Parallelkreise, zu denen die Bögen Z x, A a und H y gehören. Denken wir uns einen Durchschnitt durch den Meridian N a y unserer Figur, so verhält sich Z x : A a : H y = w x : C a : v y in der nebenstehenden Figur, in der die gleichen Buchstaben für die gleichen Punkte wie in der vorhergehenden gewählt sind. Wir erhalten daher zunächst Z x : A a = w x : C a, und setzen wir für w x die ihr gleiche Linie C s, für C a, den Erdradius, die gleiche C x, so ist Z x : A a = C s : C x

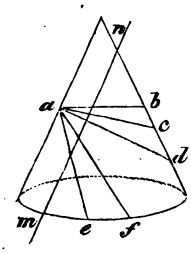



$Z x = \frac{A a . C s}{C x} =$ A a mal Cos. x a, d. h. A a multiplicirt mit dem Cosinus der Breite.

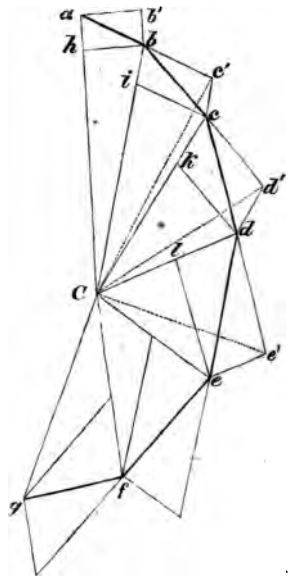
Für H y finden wir dann: H y : A a = v y : C a, also $Hy = \frac{Aa . vy}{Ca} = Aa . \frac{vy}{Cy} =$ A a. Sinus Winkel S C y. Da aber S C y = x C a = der geographischen Breite von x, so ist also auch H y = A a mal Sinus der Breite. Da nämlich x C y ein rechter Winkel und a C S ein rechter, so muß x C a = y C s sein, indem beide durch denselben Winkel a C y zu einem rechten ergänzt werden.

Spiegel des zweiten geworfen, von diesem wieder zurück nach dem ersten Fernrohre in das Auge des Beobachters gelangte. An diesem selbst war eine Scheibe, mit regelmäßig abwechselnden Einschnitten und Zähnen versehen, so angebracht, daß sie mit großer Schnelligkeit gedreht werden konnte, und zwar so, daß der von dem zweiten Fernrohre zurückkommende Lichtstrahl bald auf einen Einschnitt fiel, also in das Auge des Beobachters dringen konnte, bald auf einen Zahn der Scheibe und dann unsichtbar blieb. Wurde nun die Scheibe so rasch gedreht, daß der zweite Einschnitt vor das Auge kam, bis der erste Lichtstrahl seinen Weg zum zweiten Fernrohr hin und her zurückgelegt hatte, so kam dieser in's Auge, der zweite Lichtstrahl kam durch den nächsten Einschnitt u. s. f. Es wurde bei dieser Schnelligkeit der Scheibe, die sich leicht bemessen ließ, da sie durch ein Uhrwerk in Bewegung gesetzt wurde, also alles Licht in das Auge gelassen, das Spiegelchen im zweiten Fernrohr erschien fortwährend hell. Wurde nun die Scheibe halb so schnell gedreht, so kam jedesmal ein Zahn vor das Auge des Beobachters, wenn der Lichtstrahl wieder zurückkehrte und das zweite Fernrohr blieb in diesem Falle dunkel. Wurde die Schnelligkeit 2, 3, 4, 5 mal ꝛc. so schnell als im ersten Falle gemacht, so mußte ebenfalls stets ein Einschnitt vor dem Auge des Beobachters sein, wenn der Lichtstrahl zurückkehrte, bei doppelter Schnelligkeit immer der 2te, 4te, 6te, 8te, bei dreifacher der 3te, 6te, 9te vom ersten an gerechnet u. s. f., im zweiten Falle, wenn die Schnelligkeit 3, 5, 7 mal so schnell gemacht wurde, mußte stets ein Zahn vor dem Auge sein und der Spiegel dunkel bleiben. So controlirten sich die Verdunkelungen und Erhellungen bei verschiedenen Schnelligkeiten der Scheibe gegenseitig und ließen das oben angegebene Resultat für die Schnelligkeit des Lichtes finden.

4) zu S. 234. Eine bestimmte Art von solchen krummen Linien hat man bei den Kometenbahnen als höchst wahrscheinlich gefunden, die s. g. Parabel, die man, wie andere krumme Linien, an einem Kegel sich am besten darstellen kann und die mit jenen unter dem gemeinsamen Namen Kegelschnitte zusammengefaßt werden. Macht man nämlich an einem Kegel einen Schnitt parallel der Basis, z. B. in der Richtung a b, so wird die Schnittfläche ein Kreis; Schnitte, welche nicht parallel der Basis gehen und beide Seiten des Kegels treffen, a c, a d, bilden Ellipsen, deren Excentricität immer größer wird, je größer der Winkel ist, den sie mit der Basis des Kegels bilden würden. Geht der Schnitt parallel einer der Seiten, z. B. durch m n, a e, so entsteht eine nicht in sich zurückkehrende, sondern mit dem Kegel in's Unendliche immer weiter auseinander gehende Linie, eine Parabel. Eine Hyperbel entsteht, wenn die Schnitte so geführt werden, daß sie nicht parallel einer Seite und nicht beide Seiten des Kegels treffend geführt werden, also von a aus in den Winkel von a e und der Seite a des Kegels fallen. Auch die Hyperbeln sind nicht mehr in sich zurückkehrende Linien. Ein Himmelskörper, der eine Parabel oder Hyperbel um die Sonne beschreibt, kann daher nie wieder zu derselben zurückkehren. Man sieht leicht, daß die Ellipsen auf der einen Seite sich immer mehr dem Kreise nähern, je mehr a c an a b rückt; auf der andern Seite ist ihre Grenze die Parabel a e. Im ersteren Falle wird ihre Excentricität immer kleiner, im zweiten immer größer. Auf der andern Seite trennt die Parabel die Ellipsen von den Hyperbeln, und es ist daher oft sehr schwer, aus einzelnen Stücken einer krummlinigen Bahn zu entscheiden, ob sie elliptisch, parabolisch oder hyperbolisch sei. Man denke sich z. B. in unserer Figur die Parabel a e gezogen, daneben eine Ellipse von a aus und ebenso eine Hyperbel und zwar so nahe, daß der Abstand der beiden letzteren Linien in einer Länge von 4 Schuh von der verlängerten Linie a e etwa 1/4 Linie betrüge, so würden diese beiden Linien von a bis e in der Zeichnung nicht von a e zu scheiden sein, und man sieht daraus leicht, daß die Frage: welche Bahn



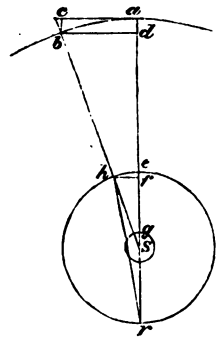
kommt einem Himmelskörper zu, nur dann entschieden ist, wenn man an drei von einander so entfernten Punkten denselben beobachten kann, daß wirklich daraus deutlich der Unterschied jener drei Fälle sich herausstellt. Ist das Verhältniß der anziehenden Kraft zur Centrifugalkraft ein geringeres, d. h. ist a a' im Verhältniß zu a b' kleiner als unsere Figur p. 234, so entfernt sich, wie man aus der Figur sieht, der Körper immer weiter von dem Centralkörper C; wäre z. B. das Verhältniß wie b c' : b s, so würde er nach t und u statt nach c und d gelangen. Die Centrifugalkraft kann aber so überwiegend über die Anziehungskraft gedacht werden, daß der Körper a durch die Anziehung nicht mehr um C in einer geschlossenen Bahn sich herumbewegt, sondern sich in's Unendliche immer weiter von C entfernt, eine parabolische oder hyperbolische Bahn beschreibt. Die Analysis zeigt, daß wenn man das Verhältniß der Centrifugalkraft zur Centripetalkraft so annimmt, daß dadurch eine Kreisbahn *) entsteht und dieses gleich 1 setzt, die Bahn eine Ellipse wird, wenn die Geschwindigkeit in dem Punkte der Sonnennähe größer als 1, aber kleiner als die Quadratwurzel von 2 ist. Wird sie gerade $\sqrt{2}$mal größer als jene, so wird sie parabolisch, und wird sie noch mehr als $\sqrt{2}$mal größer, so entsteht eine Hyperbel.




5) zu S. 237. Dreiecke von gleicher Grundlinie und gleicher Höhe sind ihrem Inhalte nach gleich. Da nun nach der Construction b c' = a b, so ist die Grundlinie, und da die Spitzen der beiden Dreiecke in C zusammenfallen, so ist auch die Höhe von Dreieck a b C und b c' C gleich, also Dreieck b c' C = a b C. Das Dreieck b c' C und b c C sind aber ebenfalls einander gleich, da sie wieder die gleiche Grundlinie b C haben und ihre Höhe gleich ist, indem ihre Spitzen zwischen die Parallellinien b C und c' c fallen. Auf dieselbe Weise läßt sich wieder beweisen, daß Dreieck c d' C = b c C, indem c d' = c b und wieder die Höhe gleich ist, indem ihre Spitzen ebenfalls in C zusammenfallen. Ebenso läßt sich auch zeigen, daß Dreieck c d C = c d' C u. s. f. für alle übrigen, daß sie alle untereinander gleich sind.

6) zu S. 238. Es seien in nachstehender Figur e h und a b Theile der Bahnen zweier Planeten, welche in einer bestimmten Zeit die als sehr klein anzunehmenden Bögen a b und e h zurücklegen, so giebt uns, wie wir schon öfter erwähnten, der Sinus versus a d und e f das Maaß der Centripetal- oder Anziehungskraft des Körpers S für die Zeit, in welcher jene Bögen zurückgelegt werden. Nehmen wir den Bogen e h und a b als sehr klein an, so können wir e h und a b als gerade Linien ansehen und erhalten auf diese Weise je zwei ähnliche rechtwinkelige Dreiecke, nämlich e h f und r h f, und in diesen verhält sich

*) Nennt man den kleinsten Abstand eines Planeten q, und nimmt man die Entfernung der Erde von der Sonne und deren mittlere Geschwindigkeit als Einheiten an, so würde die Bahn kreisförmig, wenn die Geschwindigkeit g in dem Punkte der Bahn, der q entspricht, $= \frac{1}{\sqrt{q}}$ ist. Eine Parabel entsteht bei $g = \sqrt{\frac{2}{q}}$ ꝛc.




$e f : e h = e h : e r$, also wird $e f = \frac{e h^2}{e r}$

ebenso wird auch $a d = \frac{a b^2}{2 a S}$

oder wenn wir statt $e r$ setzen $2 e S$ erhalten wir $e f : a d = \frac{e h^2}{2 e S} : \frac{a b^2}{2 a S} = \frac{e h^2}{e S} : \frac{a b^2}{a S}$ 1.) Nach dem allgemeinen Gesetze der Anziehung verhält sich aber die von einem Körper S auf zwei andere ausgeübte umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen derselben, also in unserem Falle umgekehrt wie die Quadrate der Halbmesser, d. h. also: (da uns $e f$ und $a d$ das Maaß der Anziehung für die Zeit giebt, in welcher die Bögen $e h$ und $a b$ durchlaufen werden) es verhält sich $e f : a d = a S^2 : e S^2$. Setzen wir diese Proportion mit der Proportion 1.) zusammen, so erhalten wir:

$a S^2 : e S^2 = \frac{e h^2}{e S} : \frac{a b^2}{a S}$ und daraus

$a S . a b^2 = e S . e h^2$. Dividiren wir diese Gleichung auf beiden Seiten mit $e S$, so erhalten wir: $\frac{a S . a b^2}{e S} = e h^2$ und dividiren wir diese mit $a S$, so erhalten wir: $\frac{a b^2}{e S} = \frac{e h^2}{a S}$ und daraus die Proportion: $a b^2 : e h^2 = e S : a S$ 2.), d. h. mit Worten: Die Quadrate der Geschwindigkeiten *) verhalten sich umgekehrt wie die Entfernungen. — Bezeichnen wir die Geschwindigkeit des äußeren Planeten $a b$ mit C, die Zeit seines ganzen Umlaufes mit T, dieselben Größen des inneren Planeten $e h$ mit c und t und die Halbmesser ihrer Bahnen $a S$ und $e S$ mit R und r, so ist offenbar $C T = 2 R \pi$ und $c t = 2 r \pi$; der Umfang des äußeren Kreises ist nämlich $2 R \pi$, der des inneren $2 r \pi$, es wird aber der äußere Planet $\frac{2 R \pi}{C}$ mal die Zeiteinheit brauchen, welche er das Stück $a b = C$ zurückzulegen nöthig hatte, und der innere $\frac{2 r \pi}{c}$, wo c für $e h$ gesetzt ist. Wir erhalten daher zunächst $T = \frac{2 R \pi}{C}$ und $t = \frac{2 r \pi}{c}$, woraus $T C = 2 R \pi$ und $c t = 2 r \pi$ wie oben folgt. Daraus erhält man $C : c = \frac{2 R \pi}{T} : \frac{2 r \pi}{t} = \frac{R}{T} : \frac{r}{t}$ oder

$C^2 : c^2 = \frac{R^2}{T^2} : \frac{r^2}{t^2}$; nach Proportion 2.)

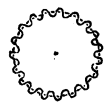
können wir für $C^2 : c^2$ setzen $e S : a S$, also $r : R = \frac{R^2}{T^2} : \frac{r^2}{t^2}$, daraus erhält man $\frac{r^3}{t^2} = \frac{R^3}{T^2}$, oder $T^2 : t^2 = R^3 : r^3$, d. h. in Worten: Die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Würfel der Entfernungen, das dritte Keplerische Gesetz.

7) zu S. 239. Außer dieser von Sonne und Mond bewirkten kreisförmigen Bewegung der Erdpole um den Himmelspol zeigt die Erdachse noch eine schwächere in Perioden von circa $18\frac{1}{2}$ Jahren **) eingeschlossene schwankende Bewegung, die s. g. Nutation der Erdachse. Die Mondbahn fällt nämlich mit

*) Da $a b$ und $e h$ die zurückgelegten Wege der Planeten sind, so geben diese ja das Maaß der Geschwindigkeit.

**) Genauer 18 Jahre, 218 Tage, 21 Stunden, 22 Minuten, 46 Secunden.

der Erdbahn nicht in ein und dieselbe Ebene, sondern durchschneidet diese unter einem Winkel von circa 5°. Diese Durchschnittspunkte der Erd- und Mondsbahn — die s. g. Knoten — verändern ihren Ort beständig und kehren erst nach 18½ Jahren wieder an denselben Punkt zurück. Auch der Winkel, den die Mondsbahn mit der Erdbahn bildet, ändert sich etwas, er schwankt zwischen 5° 18′ und 5° 0′. Während also die von der Sonne auf die Erde ausgeübte, die Präcession der Nachtgleichen erzeugende Wirkung alle Jahre sich gleich bleibt, weil die Erdbahn gegen die Sonne unverändert bleibt, ändert sich mit der Aenderung der Mondsbahn periodisch in 18½ Jahren die von dem Monde in dieser Beziehung ausgeübte Kraft der Anziehung und bewirkt ein Schwanken der Erdachse, das jenen Kreis der Pole, den sie in circa 25000 Jahren zurücklegen, in Wahrheit zu einer kreisförmig geschlossenen Wellenlinie macht, etwa so die wirkliche Bewegung der Pole erscheinen läßt, statt der punktirten kreisförmigen Bahn jene wellige erzeugt.



[8]) zu S. 241. Es war schon länger bekannt, daß die wirklich zu beobachtende Bewegung des Uranus, auch wenn man alle Störungen durch die der Sonne näheren Planeten berücksichtigte, mit den Newton'schen Gesetzen nicht übereinstimmte, und man hatte daher schon öfter die Vermuthung ausgesprochen, es möchte der unerklärte Theil der Störungen des Uranus von einem großen, noch weiter, als er, von der Sonne sich befindenden Planeten herrühren. — Le Verrier in Paris fing nun, von Arago dazu aufgefordert, an, die Uranusbewegung einer sorgfältigen neuen Berechnung zu unterwerfen und mit dieser Vermuthung zu vergleichen. 1846 veröffentlichte er seine Arbeiten darüber, die ihn zu dem Resultate führten, daß wirklich ein großer Planet jenseits des Uranus sich befinden müsse, der jene Anomalieen im Laufe desselben erzeuge. Er gab auch an, wo seiner Rechnung nach der Planet sich zu einer bestimmten Zeit befinden müsse und schrieb an den Observator der Berliner Sternwarte Galle, in welcher Gegend derselbe zu finden sein würde. Die außerordentlich genauen, von der Berliner Academie angefertigten Sternkarten Bremiker's, welche jenen Theil des Himmels, an welchen Le Verrier den neuen Planeten versetzte, schon genau bis zu den kleinsten Sternen herab verzeichnet enthielten, machten es nämlich leicht möglich, wann jener neue Planet bis zu jenen Sternen sich fortbewegt habe, denselben als einen früher nicht an dieser Stelle vorhandenen zu erkennen. Am 23. September erhielt Galle den Brief, suchte und fand noch denselben Tag an der von Le Verrier bezeichneten Stelle einen Stern achter Größe, der nicht auf jenen Karten eingetragen war. Schon den folgenden Tag hatte er seine Stelle merklich geändert; seine planetische Natur war entschieden. Der von Galle beobachtete Ort wich von dem durch Le Verrier vorausbestimmten nur um 55 Minuten ab, die Breite, die nach ihm sehr klein sein sollte, betrug auch nur 31,9 Minuten. So genau stimmte also die Beobachtung mit der Rechnung überein. „Es ist dies, wie Encke sich ausdrückt, die glänzendste aller Planetenentdeckungen, weil rein theoretische Untersuchungen die Existenz und den Ort des neuen Planeten haben voraussagen lassen." (A. v. Humboldt.)

[9]) zu S. 246. Von dieser Veränderung der Apsidenlinie hängt die verschiedene abwechselnde Dauer der Jahreszeiten auf der nördlichen und südlichen Halbkugel ab. Wie wir wissen, bewegt sich die Erde in der Sonnennähe rascher, als in der Sonnenferne, sie legt also die Hälfte der elliptischen Bahn, in welcher sie der Sonne näher ist, rascher zurück, als die, welche sie von der Sonne entfernter durchläuft. Diese raschere Bewegung trifft nun gegenwärtig in der Zeit ein, in welcher die nördliche Halbkugel Herbst und Winter hat, diese beiden Jahreszeiten dauern also für uns kürzer, als Frühling und Sommer, welche für uns auf der Hälfte der Bahn eintreten, in welcher sich die Erde von der Sonne entfernter bewegt. Träfe ganz genau die Sonnennähe mit der Herbst-Tag- und Nachtgleiche zusammen, so wäre Herbst und Sommer gleich lang, jeder würde 89½ Tag dauern, Frühling und Winter dagegen jeder 93⅛ Tag. Die südliche Halbkugel hat jetzt dagegen ebenso lang Frühling und Sommer, als wir

Herbst und Winter; die nördliche Halbkugel empfängt daher jetzt etwas mehr Wärme, als die südliche. In circa 21000 Jahren hat Aphel und Perihel einen ganzen Umkreis beschrieben. Man hat früher große klimatische Veränderungen der Erdoberfläche von dieser Veränderung der Dauer der Jahreszeiten herleiten wollen; die angegebenen Differenzen, die das Maximum der verschiedenen möglichen Dauer der Jahreszeiten als nicht einmal ganz vier Tage betragend zeigen, reichen hin, alle jene kühnen Theorien als ganz unbegründet erscheinen zu lassen.

10) zu S. 246. Es lag sehr nahe, als man einmal die gegenseitigen Störungen der Planeten wahrnahm, zu untersuchen, wie bedeutend dieselben werden konnten. La Place unternahm diese Berechnungen für die beiden größten Planeten unseres Sonnensystemes und fand zu seiner größten Ueberraschung, daß die Störungen in Beziehung auf die Veränderungen der halben großen Axen, d. h. also auf die Entfernung, sich im Laufe der Zeit wieder auf Null reducirten, d. h. daß sie Schwankungen zeigten, die innerhalb einer sehr geringen Grenze nach beiden Seiten einer bestimmten mittleren Entfernung sich bewegten, aber immer wieder zu dieser zurückkehrten, ähnlich einem Pendel, das stets zu beiden Seiten über die senkrechte Richtung hinausschwingt. Da nun von der Entfernung die Umlaufszeit abhängt, so ergiebt sich daraus, daß auch die Dauer des Jahres nur innerhalb sehr enger Grenzen Veränderungen unterworfen sein kann. Für die übrigen kleineren Planeten und unsere Erde hat sich ganz dasselben herausgestellt, nur sind die Grenzen für Schwankungen in dieser Beziehung noch geringer als für Jupiter und Saturn, deren Störungen am bedeutendsten sind. So hat z. B. für die Erde La Place gefunden, daß das Jahr seit Hipparch's Zeiten, also in circa 2000 Jahren, etwa um 10 Secunden kürzer geworden sei. Das mittlere tropische Jahr kann höchstens um 38 Secunden in den verschiedenen Zeitaltern verschieden ausfallen, und das siderische höchstens um einige Minuten. Ebenso zeigen sich auch die Schwankungen in Beziehung auf die Excentricität der verschiedenen Planetenbahnen in sehr enge Grenzen eingeschlossen. Bei der Erde schwankt dieselbe zwischen 0,00393 und 0,01960 in einem Zeitraume von circa 48000 Jahren. Von der größten Wichtigkeit für die klimatischen Verhältnisse jedes einzelnen Planeten sind ferner die Neigungen der Achsen; auch diese schwanken innerhalb sehr geringer Grenzen. Für die Erde beträgt z. B. die größte Neigung der Achse (oder Schiefe der Ekliptik) $27\frac{1}{2}^0$, die geringste $21\frac{1}{2}^0$ und zwar erreichen sie diese äußersten Grenzen nach zwei verschiedenen Perioden, von denen die eine 92390 die andere 40350 Jahre beträgt. Wir befinden uns gegenwärtig in einer mittleren Neigung von $23\frac{1}{2}^0$, und durch das Eintreten jener Extreme würde die mittlere Sommer- und Wintertemperatur für Deutschland z. B. sich kaum um $\frac{1}{2}$ Grad verändern. Die neuesten Berechnungen von Poisson und Le Verrier, die mit Rücksicht auf mehrere untergeordnete, von La Place noch nicht mit in Rechnung gezogene Störungsglieder ausgeführt wurden, haben dasselbe Resultat einer für immer gesicherten Existenz aller Verhältnisse unseres Planetensystemes ergeben.

11) zu S. 246. Bode drückt sich in seiner „Erläuterung der Sternkunde" II. Theil p. 99 folgendermaßen aus: „Wollte man nun gleich annehmen, das Grundgesetz aller himmlischen Bewegungen: die Anziehungskraft jeder Masse steht im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernung, sei blos ein Werk der Nothwendigkeit, weil ohne dasselbe kein System von Weltkörpern bestehen könne; ferner: die Gesetze, nach welchen die Planeten in elliptischen Laufbahnen einhergehen und sich in diesen Bahnen wechselseitig stören, setze keinen weisen Urheber derselben voraus, so muß man doch eingestehen, daß, diesen Gesetzen unbeschadet, unzählige Fälle bei der Vertheilung der Massen im Weltraume möglich waren, wobei das Sonnensystem vielleicht Jahrtausende aber nicht auf immer bestehen könnte. Wenn aber nun die tiefsinnigen Untersuchungen der Astronomen wirklich herausgebracht, daß bei einer andern Anordnung der Massen, als die Beobachtungen und Berechnungen geben,

eine gänzliche Umwandlung und bei einem anderweitigen Verhältnisse der Bahnengrößen wohl gar eine endliche Zerstörung des Sonnensystemes erfolgen würde, daß aber durch die bei beiden stattfindende Vertheilung gleichsam für eine ewige Dauer desselben gesorgt ist, so wird man voll Dank und Bewunderung zur Anbetung der ewigen und weisheitsvollen Ursache aller Dinge hingezogen." — Was nun diejenigen betrifft, welche an der Wahrheit des Copernicanischen Systemes zweifeln, so kann man den Skepticismus verzeihen, wenn der Zweifel ausgesprochen wird, um sich Belehrung zu verschaffen, und ihn ein Kind, oder sonst Jemand auf kindlichem Standpunkte des Wissens äußert. Wenn aber Jemand als etwas Wichtiges seine Zweifel als wissenschaftlich begründet öffentlich bekannt macht, die im Grunde auf nichts Anderem beruhen, als auf großer Ignoranz und Unfähigkeit, die einfachsten physikalischen und astronomischen Thatsachen zu verstehen, so weiß man nicht recht, was man eigentlich sagen soll. — Von dieser letzteren Art ist ein Schriftchen veröffentlicht worden, von einem Manne, der mehrfach im naturhistorischen Fache als Schriftsteller aufgetreten ist, das die Unrichtigkeit des Copernicanischen Systemes auf's klarste darthun will, nämlich: „Die Bewegungen der Himmelskörper" von Dr. C. Schoepffer, leider aber nichts weiter darthut, als daß eben der Verfasser zu der zuletzt erwähnten Klasse von Zweiflern gehört. — Es würde zu weit führen, die Gründe alle anzuführen, welche Herr Schoepffer als gegen das Copernicanische System sprechend angiebt, sie beruhen sämmtlich auf ganz falsch oder gar nicht verstandenen physikalischen Erscheinungen, oder auf einer einfachen Behauptung Herrn Schoepffer's, die Sache sei nicht so, wie allgemein angenommen wird. Ich will nur einige Beispiele anführen, aus denen sich Jeder ein Urtheil über jenes Schriftchen selbst bilden mag. — Ueber die Abplattung der Erde äußert sich derselbe also (p. 15): „Zunächst steht es noch gar nicht so fest, wie der große Haufe auf die Versicherung seiner Lehrer hin glaubt, daß die Erde nach den Polen hin abgeplattet ist. Es ist eine Vermuthung und noch dazu eine vollkommen unbegründete Vermuthung u. s. f." — Die Verminderung der Pendelschwingungen von den Polen gegen den Aequator zu, welche einen Beweis für die geringere Anziehungskraft und für die stärkere Centrifugalkraft, also für die Achsendrehung der Erde geben, werden auf eine sehr eigenthümliche Weise von Herrn Schoepffer erklärt. Er meint nämlich wegen der stärkeren Anziehung müßte das Gewicht des Pendels ein größeres werden und daher langsamer schwingen. Man traut seinen eigenen Augen kaum, wenn man liest, daß eine stärkere Anziehung ein langsameres Fallen bedingen soll. Nach der Theorie des Herrn Schoepffer müßten dann mit der Entfernung von dem Mittelpunkte der Erde die Schwingungen immer schneller werden, weil ja offenbar die Anziehung eine geringere wird. Schade, daß alle Beobachtungen gerade das Gegentheil von dem, was nach Herrn Schoepffer's Theorie eintreten müßte, ergeben haben. Daß die Berechnungen der Pendellängen so genau mit den wirklich beobachteten übereinstimmen, genirt Herrn Schoepffer, wie überhaupt die Berechnungen, und um sich diesen Einwand vom Halse zu schaffen, sucht er dieselben um ihren bisherigen guten Namen zu bringen, und eröffnet uns daher, „daß Berechnungen bei Naturgesetzen überhaupt stets eine unzuverlässige Sache sind." Dann ist es doch ein merkwürdiger Zufall, daß die Monds- und Sonnenfinsternisse so genau mit den Jahrzente vorher angestellten Berechnungen zusammentreffen und bis auf eine Secunde genau vorausberechnet werden. Die Berechnungen scheinen demnach doch nicht stets eine unzuverlässige Sache zu sein! Wenn man etwas weiter liest, begreift man noch besser, warum das Rechnen dem Herrn Schoepffer so fatal ist. Als ferneren Beweis für das Nichtvorhandensein einer Achsendrehung führt Herr Schoepffer an, daß die Erde in Folge der durch ihre Rotation entstandenen Centrifugalkraft eine scheibenförmige Gestalt hätte annehmen müssen, daß alles Wasser mit furchtbarer Schnelligkeit von West nach Ost sich bewegen müßte u. dgl. m. Der Luft dagegen erlaubt Herr Schoepffer nicht, an dieser raschen Bewegung Theil zu nehmen, sie muß ganz unbeweglich die Erde unter sich hinrollen lassen und müßte in Folge dessen

als ein fürchterlicher Sturm von Osten nach Westen hinbrausen. Daß die Luft und das Wasser, wie jeder Körper auf der Erde, auch sich eben mit derselben Schnelligkeit wie diese selbst fortbewegen müsse, da selbst unter dem Aequator die Centrifugalkraft nur $^1/_{289}$ der Schwerkraft ist, also weder ein schnelleres Fortbewegen des Wassers, noch ein Zurückbleiben der Luft hinter der Bewegung der Erde möglich ist, davon kann sich Herr Schoepffer keine Vorstellung machen; daß die berechnete Abplattung, in Folge der Centrifugalkraft nur $^1/_{289}$, mit der beobachteten vollkommen übereinstimme, genirt Herrn Schoepffer nicht, nach ihm müßte die Erde eine scheibenförmige Gestalt haben, wenn sie in 24 Stunden sich um ihre Achse bewegte. Berechnet wird er das wohl nicht haben, Rechnungen sind ja doch stets eine unzuverlässige Sache. — Wahrscheinlich ebenso ohne alle Rechnung (auf welche Weise ist nicht angegeben) findet Herr Schoepffer, wenn die Sonne wirklich die Erde durch ihre Anziehung auf ihrer Bahn erhalten sollte, „so müßte diese ungeheuere Kraft der Sonne längst alle Luft aus der Erde hinweggezogen haben; der Luft würde alsdann das Wasser gefolgt sein und die Erde wäre ein trockener Körper geworden." Trotz Herrn Schoepffer's Verwahrungen wollen wir einmal etwas rechnen; wir wollen ein Lufttheilchen annehmen, das 1000 Meilen von dem Mittelpunkte der Erde entfernt ist; von der Sonne wird dieses dann circa 20 Millionen Meilen entfernt sein. Die Entfernungen verhalten sich also wie 1 : 200000. Nach den Gravitationsgesetzen verhalten sich aber die Anziehungen umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen, also in diesem Falle die der Erde zur Sonne wie 400,000000 : 1. Die Sonne müßte also, da sich die Anziehungen verhalten direct wie die anziehenden Massen, eine 400,000000 mal größere Masse haben, um jenes Lufttheilchen nur gleich stark anzuziehen, wie die Erde. Nun wissen wir aber, daß die Masse der Sonne nur um 359000 mal die der Erde übertrifft. Es kann also selbst in jener Entfernung kein Lufttheilchen der Erde von der Sonne entrissen werden. — Daß sich die Erde nicht um die Sonne bewege, beweist nach Schoepffer schon der Umstand, daß man die Sternbilder stets in derselben Gestalt und nicht verkehrt erblicke. Hat wohl Herr Schoepffer schon einmal, aus großer Ferne betrachtet, die gegenseitige Stellung zweier Thürme sich verändern sehen, wenn er sich in einem kleinen Kreise vor denselben bewegte? Ein Kind weiß, daß dieses nur dann der Fall wird, wenn es sich auf die entgegengesetzte Seite jener Thürme begäbe, d. h. wenn dieselben innerhalb des Umfanges eines von dem Beschauer gezogenen Kreises fielen, daß wir nur dann die Sternbilder ein halbes Jahr nachher verkehrt sehen würden, wenn sich unsere Erde um sie herumbewegte, wenn sie also innerhalb des Umfanges der Erdbahn fielen. Da dies aber nie ein vernünftiger Mensch behauptet hat, im Gegentheil die Entfernung der Fixsterne, wie wir sahen, im Verhältnisse selbst zur Erdbahn eine ganz ungeheuere ist, so ist der Einwand der unverständigste, der gemacht werden kann. — Ich fürchte, die Geduld meiner Leser zu mißbrauchen, wollte ich weiter noch Proben von der Polemik des Herrn Schoepffer ihnen mittheilen; nur noch ein Paar, um zu zeigen, daß ich nicht zu viel sagte, wenn ich von der Ignoranz und Unfähigkeit, die einfachsten astronomischen und physikalischen Verhältnisse zu verstehen, in Beziehung auf Herrn Schoepffer sprach. Der Leser weiß, daß man unter Parallaxe den Winkel versteht, den zwei von verschiedenen Punkten nach einem Sterne etwa gezogene Gesichtslinien mit einander an diesem bilden und weiß auch, wie lange wegen der ungemeinen Kleinheit dieses Winkels es nicht möglich war, diesen zu messen. Darüber wundert sich nun Herr Schoepffer und sagt: „Dennoch hätte man so leicht eine Parallaxe der Sterne finden können, wenn man sie nur auf dem richtigen Wege hätte suchen wollen. Man darf sich nur einige 100 Meilen nördlich oder südlich entfernen, um die verschiedenen Sterne unter bedeutend verschiedenen Winkeln zu sehen, mit andern Worten, um ihre Parallaxe zu finden!" Schade, daß Herr Schoepffer auf's Rechnen nichts giebt, er hätte uns sonst hübsche Entfernungen nach solchen Parallaxen berechnet. Der Leser sieht wohl ohne Weiteres, daß Herr Schoepffer statt des Winkels, den die beiden Linien

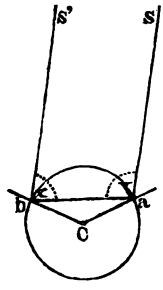
s s Fig. p. 192 machen, den Winkel, den die Linien mit der senkrechten Richtung bilden, für die Parallaxe hält, also einfach nicht weiß, was man unter Parallaxe versteht. — Auch in der Optik ist er schöpferisch aufgetreten und hat neue Gesetze entdeckt. Aus der Entfernung und dem scheinbaren Durchmesser hat man, wie die Leser wissen nach Kap. IX., den wahren Durchmesser der Himmelskörper berechnet; aber diese Art ist nach Herrn Schoepffer ganz falsch: „Man vergaß dabei etwas, nämlich den mächtigen Umstand, daß jenes Gesetz, nach welchem Gegenstände um so kleiner erscheinen, je ferner sie sind, auf die leuchtenden Körper keine Anwendung findet, oder vielmehr nach der Stärke des Leuchtens derselben bedeutende Abänderungen erleidet... Da nun der Glanz der Sonne ein sehr intensiver ist, so muß auch die Sonne in ungemeiner Entfernung in gleicher Größe sichtbar sein und es ist gar wohl möglich (was ist Herrn Schoepffer nicht Alles möglich!), daß sie nicht viel größer ist, als sie unsern Augen erscheint." — Ich denke, der Leser hat der Proben genug. Herr Schoepffer fragt: „Muß es uns nicht als die größte Narrheit erscheinen, daß die Gelehrten und alle Gebildeten... eine Erdbewegung annehmen, welche nur als die tollste Ausgeburt einer krankhaften Phantasie zu betrachten sind?" Noch später nennt er das Copernicanische System „eine allen Naturgesetzen sowohl, wie allem Schein widersprechende Wahnsinnstheorie!" Ich will keine so verfänglichen Fragen stellen, wie allenfalls dem Leser Herr Schoepffer vorkomme; wenn aber etwa einem oder dem andern das Schriftchen Schoepffer's zu Handen kommt, so versäume er nicht, es zu lesen, wenn er nämlich Kuriositäten gerne liest!

# Zwölftes Kapitel.

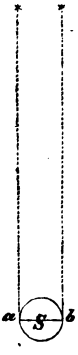
Die Fixsterne. Frühere Bestrebungen, deren Parallaxe und Entfernung zu finden. Ihre Vertheilung im Raume. Die Milchstraße, die Nebelflecken und Sternhaufen. Bewegungen der Fixsterne, scheinbare und wirkliche. Mädler's Centralgruppe (Centralsonne).

Was wir in den drei letzten Kapiteln betrachtet haben, das waren die Resultate, welche eine Jahrtausende fortgesetzte Beobachtung über die Bewegungserscheinungen am Himmel geliefert hatte. Sie lehrten, um es kurz zusammenzufassen, die wirklichen von den scheinbaren Bewegungen unterscheiden, die Quelle und die Ursache beider erkennen, und gaben Aufschluß über die Entfernung, Vertheilung und die Natur der wirklich sich bewegenden Himmelskörper. Wir haben schon am Anfange des IX. Kap. erwähnt, wie gering die Zahl dieser ihren Ort verändernden Körper ist — die Alten kannten nur 7 —, wenn wir sie mit den zahllosen Gebilden vergleichen, die als s. g. Fixsterne theils deutlich sichtbar und zählbar, theils als feiner Lichtnebel in der Milchstraße dem bloßen Auge in einer heiteren Nacht erscheinen. Von diesem größten Theile der sichtbaren Körperwelt wußte man bis auf die neueren Zeiten herab nicht mehr, als die Alten, daß sie eben, und zwar in ungeheuerer Anzahl, vorhanden seien; über ihre Entfernung, ihre Größe, ihre Natur etwas Sicheres zu ergründen, war nicht möglich. Als die Instrumente sich verbesserten, die Telescope durch Herschel auf einen früher nie geahnten Grad der Ausbildung gebracht wurden, steigerte sich dadurch nur die Zahl dieser Gebilde in's wirklich Zahllose [1]), aber vergebens waren alle Versuche, die Entfernung auch nur eines einzigen derselben zu messen.

Wir haben schon früher im IX. Kap. die Art und Weise angegeben, wie man die Entfernung irgend eines Himmelskörpers

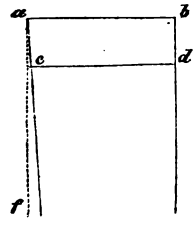



mißt. Es beruht dies darauf, daß man von zwei möglichst weit entfernten Punkten der Erdoberfläche, deren Entfernung man genau kennt, den Winkel mißt, welchen die beiden Gesichtslinien, von diesen beiden Punkten nach dem Sterne gezogen, mit einander bilden, den s. g. parallactischen Winkel, die „Parallaxe" (siehe p. 190). So oft man nun auch mit den besten Instrumenten von zwei Punkten eines Meridianes a und b aus nach einem beliebigen Sterne S hinsah, und den Winkel maß, den die beiden Linien bildeten, fand er sich stets unmeßbar klein, d. h. man fand immer, daß die beiden Linien einander parallel liefen, keinen meßbaren parallactischen Winkel mit einander schlossen. Man wählte nun eine größere Basis, d. h. die größte Entfernung zwischen den zwei Punkten a und b, die für Erdenbewohner möglich ist, man wählte die große Achse der elliptischen Erdbahn




als Basis, und maß einmal zur Zeit der größten Sonnennähe, in a, dann nach einem halben Jahre am entgegengesetzten Ende der Erdbahn, in b, wiederum den Winkel, den das Fernrohr, gegen ein und denselben Stern gerichtet, an den beiden Endpunkten dieser 44 Millionen Meilen langen Linie mit dieser bildete. Allein auch in diesem Falle zeigten sich die beiden Gesichtslinien einander parallel, bildeten keinen Winkel miteinander und die Entfernung des Sternes blieb somit unmeßbar. Es wurde schon p. 192 erwähnt, daß zwei Linien von ein und demselben Punkte nach den Endpunkten einer geraden Linie, wenn sie mit diesem Punkte nicht ebenfalls in einer geraden Linie liegen, nothwendig einen Winkel machen und ein Dreieck bilden müssen. Ist aber die Entfernung dieses Punktes im Verhältnisse zu der Länge der geraden Linie sehr groß, so wird der Winkel immer kleiner und kleiner, für das Auge unbemerkbar und für unsere Instrumente zuletzt unmeßbar. Denken wir uns z. B. an zwei Punkten der Erdoberfläche Pendel aufgehängt, so geben uns diese beiden die Richtung nach dem Mittelpunkte der Erde an, machen einen Winkel mit einander, der aber für das Auge und die Instrumente unmeßbar

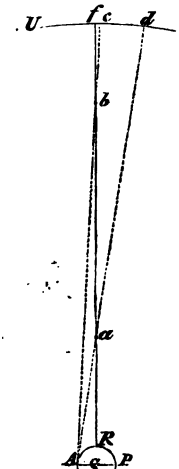
wird, sowie wir sie neben einander hängen; denn dann erscheinen uns die Fäden, an denen wir die Gewichte gehängt haben, vollkommen und genau parallel, obwohl sie einen Winkel miteinander machen müssen. Es läßt sich leicht berechnen, daß der Winkel, den die Richtungslinien zweier 951,8 Fuß von einander entfernter Pendel am Mittelpunkte der Erde mit einander einschließen würden, eine Secunde beträgt. Es sei a und b ein Theil der Erdoberfläche, an dem sich zwei Pendel befinden, deren Aufhängepunkte durch eine gerade Linie, etwa auf einer Mauer gezogen, verbunden wären. Sind diese Pendel a und b ruhig aufgehängt, so werden sie eine senkrechte Richtung, d. h. nach dem Mittelpunkte der Erde hin, zeigen, also einen Winkel mit einander bilden, der aber ebenfalls unmeßbar ist; sie erscheinen uns parallel. Wäre a b 95 Fuß lang, so würde der Winkel, den a c und b d am Mittelpunkte der Erde bilden würde und ebenso der Winkel, um den a c aus der b d in Wahrheit parallelen Richtung a f abweicht, gerade 1/10 Secunde betragen. Würden wir 10 Fuß unter a b eine Linie c d parallel mit a b ziehen, so würde diese natürlich zwischen den convergirenden Pendeln etwas kürzer sein müssen, als a b. Es läßt sich leicht berechnen, daß diese Linie c d bei den angenommenen Verhältnissen nur um 1/1440 Pariser Linie kürzer wäre, als a b. Man sieht daraus leicht, daß solche Winkel für uns unmeßbar werden.




Diese Meßbarkeit der Winkel hat aber nach und nach einen immer höheren Grad der Vollkommenheit erreicht, d. h. die Instrumente wurden nach und nach so verfeinert und vervollkommnet, daß man immer kleinere Winkel damit messen konnte. Zur Zeit Kepler's war das Höchste, was man auf der berühmten Tychonischen Sternwarte in der Winkelbestimmung erreichte, eine Minute. Als man mit diesen Instrumenten eine Parallaxe der Fixsterne suchte, fand man, daß sie keine zeigten. Man wußte also nur, daß ihre Parallaxe noch kleiner sein müßte, als eine Minute. Wäre sie gerade eine Minute, den Halbmesser der Erdbahn als Basis angenommen, so wäre ihre Entfernung 3437¾mal so groß, als der Halbmesser der Erdbahn. Später erreichten die Instrumente eine noch größere Schärfe. Der schon erwähnte Entdecker

der Aberration des Lichtes, Bradley, konnte mit Sicherheit eine Bogen-Secunde am Himmel messen. Allein auch damit fand er noch keine Parallaxe; dieselbe mußte also noch kleiner, die Entfernung der Fixsterne also mindestens über 206225 mal so groß als die der Erde von der Sonne sein; denn so groß, etwas über 4 Billionen Meilen, wäre sie bei einer Parallaxe von einer Secunde.

Trotz dieser vielfachen vergeblichen Versuche gaben die Astronomen ihre Bemühungen nicht auf, und als man endlich direct mit Sicherheit bei Fraunhofer'schen Instrumenten den zehnten Theil einer Bogensecunde messen konnte, glückte es in den Jahren 1832—38, mit Bestimmtheit die ersten Parallaxen zu finden, indem man ein schon von Galilei vorgeschlagenes, von dem älteren Herschel angewandtes Verfahren auf's Neue anwandte, nämlich das, die scheinbare Entfernung zweier sehr nahe neben einander erscheinender Sterne, sogenannter „Doppelsterne", zu verschiedenen Jahreszeiten zu messen. Man bemerkt nämlich bei vielen Fixsternen, die dem bloßen Auge als einfach erscheinen, daß sie im Fernrohre sich in zwei Sterne von sehr verschiedenem Glanze auflösen, die so nahe aneinander stehen, daß sie das unbewaffnete Auge nicht mehr trennen kann. Man fand es nun sehr wahrscheinlich, daß dieses Nahebeisammensein oft nur ein scheinbares, eine optische Täuschung, sei, daß sie wohl in einer Richtung von der Erde aus erschienen, aber doch in sehr verschiedenen Entfernungen sich befänden. Es sei z. B. ATPR die Erdbahn um die Sonne S und es stehe in a ein Fixstern, in b ein zweiter. Für den Beobachter werden die beiden Sterne in a und b zusammenzufallen scheinen, wenn sich die Erde in R und T befindet, an dem Himmelsgewölbe U in der Richtung der Linie ab hart neben einander sich zeigen. Nun denke man sich den Beobachter mit der Erde auf ihrer Bahn nach A versetzt. Dann werden die beiden Sterne nicht mehr hart neben einander erscheinen können, sondern am Himmelsgewölbe in der Richtung Aad und Abc, also auseinandergerückt, sich zeigen. Je größer die Entfernung zwischen a und b, je weiter b im Verhältniß zu a von der Erde entfernt ist, desto geringer wird die



Parallaxe f c des Sternes b selbst, desto mehr nähert sich der gefundene scheinbare Abstand der Sterne a und b der wahren Parallaxe von a selbst, die (genau genommen hier) durch die Linien R b und A d angezeigt wird, also dem Bogen f d am Himmelsgewölbe entspricht, während die beobachtete Entfernung zwischen den beiden Sternen nur den Bogen c d giebt, die sogenannte partiale Parallaxe des Sternes a. Mit Hülfe bedeutender Vergrößerungen, wie man sie bei Fixsternbeobachtungen anwenden kann, wird natürlich auch die scheinbare Entfernung c d bedeutend vergrößert und eben dadurch ist diese Methode der Beobachtung der Parallaxe an Doppelsternen so günstig; während bei directen Messungen des parallactischen Winkels an einem einzelnen Sterne keine Vergrößerung etwas nützen kann. Man nehme z. B. an, die scheinbare Entfernung der beiden Sterne, wie sie einem Beobachter in A erscheint, betrage eine Secunde, so wird dieser Bogen c d, d. h. die scheinbare Entfernung beider Sterne, bei einer 1000fachen Vergrößerung ebenfalls 1000fach vergrößert sich zeigen, also 1000 Secunden, das sind 16′ 40″, betragen. Auf den ersten Blick würde ein derartiges Auseinanderweichen der beiden Sterne bei einer solchen Vergrößerung sich zeigen, indem sie dann etwas weiter entfernt von einander erscheinen würden, als der Halbmesser der Mondscheibe sich zeigt. Auf diese Weise gelang es endlich, Parallaxen der Fixsterne zu finden, die auch sämmtlich noch unter einer Secunde sind. 33 wurden 1846 von Peters zusammengestellt, aus denen wir einige mittheilen. Der nächste bis jetzt beobachtete Fixstern ist der Stern $\alpha$ im Centauren, dessen Parallaxe 0,913 Secunden beträgt. Der hellste Fixstern unseres Himmels, Sirius, hat eine Parallaxe von 0,230 Secunden, der Polarstern nur eine von 0,106 Secunden. Die Entfernung dieses nächsten aller Fixsterne ist 223000 Sonnenweiten, d. h. 223000mal so groß als die Entfernung der Erde von der Sonne. Das Licht legt, wie wir oben Kap. XI. gefunden haben, circa 42000 geogr. Meilen in einer Secunde zurück. Um von diesem nächsten Fixsterne zu uns zu gelangen, würde es trotz dieser seiner unfaßlichen Schnelligkeit 3½ Jahre, von dem Polarsterne zu uns würde es 30 Jahre gebrauchen.

Wenn es uns auch gelungen ist, über die Entfernung einiger Fixsterne sichere Aufschlüsse zu erhalten, so fehlen uns noch alle Mittel, über ihre Größe Messungen anzustellen. Die

besten Fernrohre zeigen sie nämlich entweder als sehr intensiv leuchtende Punkte ohne allen meßbaren Durchmesser, oder geben ihnen einen falschen, der bei ein und demselben Sterne, je nach Anwendung verschiedener Instrumente und Vergrößerungen, ein wechselnder, ungleicher ist[2]). Es bleibt daher Alles, was wir über ihre wirkliche Größe sagen können, bloße Vermuthung, bis es endlich einmal gelingen wird, mit Sicherheit einen wahren scheinbaren Durchmesser an ihnen zu finden. Daß dieser bei der ungeheueren Entfernung der Fixsterne auch bei sehr beträchtlicher Größe derselben doch verschwindend klein werden muß, lehrt eine einfache Berechnung, die zeigt, daß unsere Sonne, an die Stelle des nächsten Fixsternes versetzt, einen scheinbaren Durchmesser von $^1/_{125}$ Secunde und bei einer selbst 1000fachen Vergrößerung nur einen scheinbaren Durchmesser von nicht ganz 9″ (8,6″ genauer) haben und uns 50000 Millionen mal weniger hell, als jetzt, erscheinen würde. Ein Vierundzwanzigkreuzerstück aus einer Entfernung von 2000 Fuß, mit bloßem Auge betrachtet, würde uns von derselben Größe erscheinen als die Sonne bei 1000facher Vergrößerung durch ein Teleskop in der Entfernung des nächsten Fixsternes[3]).

Nachdem man einmal die Entfernung einiger Fixsterne gemessen hatte, konnte man die älteren Untersuchungen „über den Bau des Himmels", über die Vertheilung und Anordnung der unzähligen Himmelskörper, über die des älteren Herschel's staunenerregende Arbeiten fast das einzige Zuverlässige waren, von Neuem mit erweiterten Hülfsmitteln beginnen.

Daß der Himmel kein Gewölbe sei, an dem die Sterne in gleichmäßiger Entfernung von der Erde angeheftet seien, wie er unseren unbewaffneten Augen erscheint, daß die Fixsterne in sehr verschiedenen Entfernungen von uns seien, war eine Voraussetzung, die Herschel mit allen Astronomen machte, deren Richtigkeit schon die wenigen mitgetheilten Notizen über die Parallaxen der Fixsterne auf das Evidenteste bestätigte. Denn beträgt die Entfernung des nächsten Fixsternes 223000 Sonnenweiten, so ist schon die noch gemessene des Sternes Capella 20fach größer, circa 4 Millionen Sonnenweiten. Was wissen wir nun über die wirkliche Vertheilung der Fixsterne im unendlichen Raume und welche Stelle nimmt unser Planetensystem in demselben ein?

Ehe wir an die Beantwortung dieser Fragen gehen, wollen wir einige allgemeine Betrachtungen über die Hülfsmittel, die Art und Weise und die Begrenzung, in der diese Antwort möglich ist, vorausschicken.

Wenn wir einen leuchtenden Körper betrachten, und uns von demselben entfernen, so bemerken wir zweierlei: 1) derselbe Gegenstand erscheint uns immer kleiner und kleiner; 2) er erscheint uns weniger hell. Eine einfache geometrische Betrachtung lehrt uns, daß die Abnahme der Größe sowohl wie der Helligkeit nach dem Quadrate der Entfernung erfolge, d. h. eine helle Fläche erscheint uns in 2facher Entfernung $2 \times 2$, d. h. 4mal kleiner und 4mal weniger hell, in 3facher Entfernung 9mal kleiner und ebenso 9mal weniger hell [4]).

Das menschliche Auge hat aber eine, nach der Individualität des Einzelnen allerdings verschiedene Grenze der Lichtempfindlichkeit, es ist eine gewisse Menge Lichtes nöthig, damit es dasselbe gewahr werde, damit es eine Lichtempfindung habe. Ein leuchtender Körper wird uns daher unsichtbar, wenn wir uns so weit von ihm entfernen, daß die nach dem Quadrate der Entfernung abnehmende Lichtmenge, die unser Auge trifft, nicht mehr im Stande ist, in demselben eine Empfindung zu erregen. Können wir nun künstlich mehr von dem Licht sammeln, welches der ferne Körper ausstrahlt, so können wir denselben weiter sehen, und es ist nach dem Gesetze der Lichtabnahme leicht erklärlich, daß, wer 2, 3, 4mal weiter sehen will, 4, 9, 16mal mehr Licht sammeln müsse. Diese Sammlung des Lichtes bewirken die Spiegel der Teleskope, die Sammelgläser der dioptrischen Fernrohre; je weiter man es daher in der Kunst brachte, das Lichtsammlungsvermögen derselben zu erhöhen, desto weiter konnte man sehen. Den unermüdlichen Leistungen Herschel's gelang es, ein Teleskop anzuschaffen, mit dem er einen einzelnen Stern, wie Sirius, in der Entfernung von 2300 Siriusweiten, die Herschel als Einheit zu circa 2300mal 4 Billionen Meilen annahm, erkennen konnte [5]).

Herschel kam nun auf den Gedanken, die Abnahme der Lichtstärke als Maßstab für die Entfernung der Fixsterne anzunehmen. Ein Stern erster Größe, d. h. einer der uns nächsten Sterne, würde in doppelter Entfernung 4fach, in 3facher Entfernung 9fach weniger Licht uns zusenden, umgekehrt ein Stern,

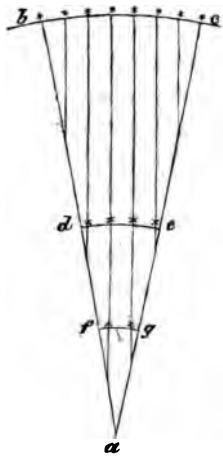
der uns 4fach, 9fach weniger Licht zusendet, wird 2mal, 3mal weiter entfernt sein, als jener. Unter dieser Voraussetzung ist nun Stern 1., 2., 3. u. s. f. Größe gleich bedeutend mit: Stern in 1facher, 2facher, 3facher Entfernung. Ganz genau gleichbedeutend wäre Lichtstärke und Entfernung dann, wenn die in dieser Beziehung verglichenen Sterne von gleicher Größe und gleicher Intensität der Lichtentwicklung wären. Es ist nicht wahrscheinlich, ja die Beobachtungen an den nächsten Fixsternen, deren Entfernung bis jetzt gemessen wurde, haben erwiesen, daß jene Voraussetzung Herschel's, wie er selbst wohl bemerkte, nicht absolut zutreffend sei, so daß ein Stern, den wir als Stern erster Größe sehen, in Wahrheit ebenso fern sein mag, als ein Stern zweiter oder dritter Größe. Doch ist es für die ungeheuere Masse von Sternen immerhin als allgemeine Regel anzusehen, daß die helleren die näheren, die schwächer leuchtenden und dem Auge verschwindenden die ferneren sind, wenn auch vielfache Ausnahmen davon vorkommen mögen[6]).

An Wahrscheinlichkeit im Allgemeinen gewinnt die Theorie Herschel's aber auch noch, wenn wir einen Blick auf die Vertheilung und Zahl der Sterne am Himmelsgewölbe im Allgemeinen werfen. Wir finden nämlich, daß die Zahl der Sterne zunimmt mit der Abnahme ihrer Lichtstärke, d. h. theilen wir nach ihrer Lichtstärke die Sterne in solche 1. Größe (die hellsten), 2., 3., 4., 5. u. s. f., so finden wir, daß jede folgende Klasse viel mehr Sterne enthält, als die frühere. Die Zahlen der am ganzen Himmel sichtbaren Sterne, ihrer Größe nach geordnet, verhalten sich nämlich nach Argelander (Kosmos III. p. 146) also:

| 1. Gr. | 2. Gr. | 3. Gr. | 4. Gr. | 5. Gr. | 6. Gr. | 7. Gr. | 8. Gr. | 9. Gr. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 65 | 190 | 425 | 1100 | 3200 | 13,000 | 40,000 | 142,000 |

zusammen also 200,000 Sterne 1—9. Größe.

Es läßt sich aus optischen Gründen die Zunahme der Menge mit der größeren Entfernung leicht aus folgender Figur anschaulich machen, wenn wir eine gleichmäßige Vertheilung der Sterne im Raume annehmen. Es sei in a ein Auge, das durch ein Fernrohr den Theil des Himmels zwischen b und c betrachte. Die Sterne sind zwischen b und c, wie die Linien zeigen, welche die




Sterne verbinden und alle einander parallel gehen, ebenso weit auseinander als zwischen d und e und f und g, das Auge sieht aber zwischen b und c acht Sterne, wenn es zwischen d und e vier und zwischen f und g nur zwei sieht. Zwischen f und g würden uns aber die Sterne als Sterne erster, zwischen d und e als zweiter und zwischen b und c als vierter Größe erscheinen, wenn sie alle gleich groß und hell wären. Wenn man mitten in einem Hochwalde steht, dessen Bäume ziemlich gleichmäßig vertheilt sind, und man sieht nach der Tiefe des Waldes zu, so kann man, zwischen zwei nahe stehenden Stämmen hindurchsehend, dieselbe Beobachtung machen, wie an dem Himmel. In dem Raume zwischen den zwei nächsten Stämmen blickt man auf drei oder mehrere von ferneren, und je weiter das Auge dringt, desto mehr drängen sich die ferneren Stämme aneinander, desto dichter scheinen sie zu stehen, und ist der Wald groß genug, so bilden die fernsten Stämme scheinbar ein Pfahlwerk, wo Stamm an Stamm sich so eng anschließt, daß die noch ferneren dem Auge verdeckt werden. Da nun bei den Sternen Abnahme der Lichtstärke mit der Zunahme der Zahl der auf einem gewissen Raum stehenden zusammenfällt, beides aber (aus demselben Grunde) unter einerlei Voraussetzung sich aus der Zunahme der Entfernung leicht erklären läßt, so wird diese Grundlage, auf der Herschel seine Untersuchungen „über den Bau des Himmels" ausführte, im Allgemeinen als eine vollkommen begründete erscheinen, und die Annahme der Lichtschwächung (Abnahme der Lichtstärke) eines Sternes als Maßstab für seine Entfernung trotz mancher möglichen Ausnahmen als eine richtige und brauchbare sich erhalten. Es war eine der mühevollsten Arbeiten Herschel's, sich diesen Maßstab, so zu sagen, zuzurichten, und die Lichtstärke der verschiedenen Sterne untereinander zu vergleichen, da alle früheren derartigen Bestrebungen und Resultate zu seinem Versuche untauglich waren. Diese photometrischen Messungen wurden auf die mannigfachste Weise

bis auf die heutige Zeit fortgesetzt, doch ist nach J. Herschel eine ganz sichere Lichtmessungsmethode noch immer „ein Desideratum der Astronomie“ [7]).

Nachdem wir auf diese Weise im Allgemeinen die Grundlage und die Voraussetzungen kennen gelernt haben, auf welchen die neuere Astronomie von Herschel an ihre Untersuchungen gegründet, wenden wir uns zu einer kurzen Mittheilung der Resultate, welche sie bis jetzt gewonnen hat. Wir betrachten zunächst den Himmel, wie er bei einem allgemeinen Ueberblick sich darstellt, die verschiedenen Arten von Gebilden, die wir an demselben antreffen, wie sie dem bloßen und dem bewaffneten Auge sich zeigen, ihre Zahl und Vertheilung, und werden dann die Bewegungen, welche in der Fixsternwelt Statt finden, besprechen.

Beschauen wir in einer heiteren Nacht den Himmel, so erblickt unser Auge vorwaltend einzeln stehende, lichtstrahlende Punkte von sehr verschiedener scheinbarer Größe und Helligkeit, die Sterne, die dunkle, sternenleere Gegenden zwischen sich lassen. Es wurde schon oben erwähnt, daß das unbewaffnete Auge 4022 solcher Sterne am nördlichen Himmel zählen kann. Rechnet man den Monddurchmesser zu 31′ 7″, so würden 195,291 Vollmondflächen den ganzen Himmel bedecken. Es kommt also ungefähr auf einen Flächenraum von circa 50 Vollmondflächen je ein dem bloßen Auge sichtbarer Stern. Im Allgemeinen sind die mit bloßem Auge sichtbaren Sterne am ganzen Himmel mit allen seinen Regionen ziemlich gleichmäßig vertheilt, doch stehen die helleren meistens so, daß sie Gruppen bilden, welche, zu allen Zeiten und von allen Völkern ausgesondert, Namen erhielten, die von irdischen Gegenständen, deren Umrisse sie theilweise nachahmten, oder mythischen Personen hergenommen wurden.

Außerdem erkennt das bloße Auge noch einen mehr oder weniger breiten, über den ganzen Himmel sich hinziehenden schimmernden Lichtstreifen, die sogenannte Milchstraße, welche, von der Erde aus betrachtet, nicht genau durch die Himmelspole und den Zenith des Beschauers sich hinzieht, sondern um 27 Grade von dem Pole abweicht [8]).

Von ähnlichem matten Schimmer zeigen sich einem guten Auge noch an wenigen Stellen des Himmels Gebilde einem Lichtnebel, einem Lichtwölkchen gleich, weit unter der scheinbaren Größe der

Mondscheibe, aber auch, wie die s. g. Magellanischen Wolken des südlichen Himmels, die Größe der Mondscheibe vielfach übertreffend.

Das bloße Auge kann keinen Unterschied zwischen den verschiedenen derartigen Gebilden wahrnehmen, nichts über die Natur derselben und ihre Zusammensetzung ausfindig machen. Die Kenntnisse über die Natur des Fixsternhimmels blieben daher auch Jahrtausende hindurch unerweitert; man lernte nicht mehr, als man in einer Nacht zu verschiedenen Jahreszeiten jetzt mit den bloßen Augen erforschen kann. Es fehlte an den nöthigen Waffen, um mit Erfolg Eroberungszüge in die Tiefen des Himmels machen zu können; erst durch die Erfindung der Fernrohre und Telescope wurden sie möglich. 1608 wurde das erste Fernrohr construirt, aber erst 1634 mit winkelmessenden Instrumenten (in Grade eingetheilten Bögen) verbunden. Jede Verbesserung, jede Vervollkommnung derselben ermöglichte nicht nur ein weiteres Vordringen in bisher unerreichte Tiefen des Himmels, sondern verschaffte auch eine klarere Kenntniß der uns näher gelegenen Gebilde, hauptsächlich der zu unserem Sonnensysteme gehörigen Körper. Die — im Vergleiche zu den Riesenteleskopen Herschel's und den durch Fraunhofer und seine Nachfolger so außerordentlich vervollkommneten Refractoren der neueren Zeit — unvollkommenen Instrumente reichten nicht hin, um wesentliche Aufschlüsse über die Natur des Fixsternhimmels zu verschaffen. Sie lieferten nur immer neues Material, zeigten immer mehr Sterne, aber man verzweifelte fast daran, dieses ungeheuere Material in der rechten Weise verwerthen zu können und so zog sich die Beobachtung nach und nach aus der fernen, so wenig Aufschluß verheißenden Fixsternwelt immer mehr auf unser Sonnensystem zurück. Erst mit Wilhelm Herschel beginnt eine genauere Kenntniß jener Gebilde, die in ihrem stärkeren und schwächeren Schimmer so anreizend und so geheimnißvoll dem menschlichen Auge „in landschaftlicher Anmuth" auf dem dunkeln nächtlichen Hintergrunde des unbegrenzten Himmelsraumes entgegenschimmern. Er hat den Maßstab geschaffen, den Himmel damit auszumessen, er hat ihn angelegt, und den Bau des Himmels in einer vor ihm nicht geahnten Ausdehnung uns kennen gelehrt, den Grundriß gefunden, nach dem der uns sichtbare Theil des Weltalls angeordnet ist, und in Wahrheit, wie es auf seiner Grabschrift heißt, „die Schranken des Himmels durchbrochen."

Es war einer der erſten Gedanken, den Herſchel faßte und, vor ſeiner Schwierigkeit nicht zurückſchreckend, kühn auszuführen begann, den ganzen Himmel mit dem Teleſcope zu durchmuſtern. Es würde zu weit führen, die Art und Weiſe, wie Herſchel dieſen Plan verfolgte, auseinander zu ſetzen; Einiges darüber findet man in Anmerkung 9 zu dieſem Kapitel. Wir wenden uns ſogleich zu ſeinen Reſultaten und theilen zunächſt mit, was die Teleſcope am Himmel uns ſehen laſſen, daran die Schlüſſe reihend, die aus dieſem Beobachteten von Herſchel und nach ihm über den Bau des Himmels gezogen wurden.

Wohin man auch das Teleſcop wendet, überall ſieht man durch daſſelbe Sterne, die ihrer ungeheueren Entfernung wegen dem Auge unerreichbar ſind. Wir haben ſchon oben, pag. 264, erwähnt, daß nach Argelander circa 200,000 Sterne 1—9. Größe am Himmel beobachtet werden können. Die Zahl derſelben vermehrt ſich aber mit ihrer ſcheinbaren Kleinheit immer mehr. Struve giebt an, daß man mit dem 20füßigen Spiegelteleſcope Herſchel's, das dieſer bei ſeinen Unterſuchungen über die Zahl und Vertheilung der Sterne anwandte, in einer den Aequator zu beiden Seiten 30° breit einfaſſenden Zone 5,800000 einzelne Sterne beobachten könnte. Für den ganzen Himmel möchte ſich die Zahl der durch dieſes Inſtrument wahrnehmbaren Sterne auf 20,374000 belaufen. (Kosmos III. 156.) Es würden demnach auf einen Raum des Himmels, ſo groß als ihn die Mondfläche einnimmt, 104 Sterne kommen. In einem noch mächtigeren Teleſcope, in ſeinem 40füßigen, glaubte W. Herſchel in der Milchſtraße allein 18 Millionen Sterne erkennen zu können.

Wir haben ſchon oben erwähnt, daß ſelbſt die mächtigſten Teleſcope über die Größe der einzeln ſtehenden Sterne keinen Aufſchluß geben, ſie lehren uns wenig mehr über ſie, als das bloße Auge. Aber eine andere Entdeckung hat man bei teleſcopiſcher Betrachtung vieler dem Auge einfach erſcheinender Sterne gemacht, daß ſie nämlich nicht einfach ſind, ſondern daß zwei oder ſelbſt mehr Sterne ſo enge beiſammen ſtehen, daß ſie als einfach erſcheinen. Man nennt dieſe Sterne Doppelſterne oder auch vielfache Sterne. Meiſt iſt der eine davon viel heller als der andere und verdeckt ſo für das unbewaffnete Auge durch ſeinen Glanz ſeinen Nachbarn. Wir haben ebenfalls ſchon erwähnt, wie man

durch Beobachtung an Doppelsternen die Parallaxe von Fixsternen fand und wie man zwischen optischen und physischen Doppelsternen unterscheidet. Jene stehen in keinem engeren physischen Zusammenhange und scheinen nur (siehe die Fig. pag. 260) nahe beisammen; die physischen sind aber in einer durch Attractionsgesetze bedingten näheren Verbindung und Abhängigkeit von einander, bilden ein Sternsystem, in dem einer den anderen umkreist, oder auch mehrere um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt sich bewegen. Ob ein Doppelstern ein optischer oder physischer ist, kann nur durch längere Beobachtung entschieden werden. Die Zahl der bekannten Doppelsterne überhaupt war vor W. Herschel sehr gering, bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts wurden etwa 20 aufgeführt. Hauptsächlich durch diesen, dann durch seinen Sohn, durch Struve und viele noch jetzt lebende Astronomen wurden gegen 6000 aufgefunden. Je länger und genauer man dieselben beobachtete, desto mehr stellten sich als physische Doppelsterne heraus; 1/9 der ganzen Zahl sind bis jetzt als solche erkannt worden. Die Mehrzahl derselben besteht aus zwei Sternen, unter den mehrfachen finden sich dreifache, vierfache, ja im Orion hat man selbst ein sechsfaches zusammengehöriges System wahrgenommen. Die Zahl der Doppelsterne, deren Bahnen und Umlaufszeiten sich mit Sicherheit haben berechnen lassen, wird zu 14 bis 16 angegeben. Die kürzesten Umlaufszeiten sind 30, 42, 58 und 77 Jahre; die längste, mit einiger Sicherheit bestimmte, ist etwas mehr als 500 Jahre. Die Bahnen sind ebenfalls elliptisch, wie die der Planeten, einige davon haben jedoch eine außerordentlich große Excentricität, ähnlich den Kometenbahnen.

Was aber das wichtigste Resultat ist, welches sich aus diesen Doppelstern-Beobachtungen ableiten läßt, ist das, daß auch auf sie die Newton'schen Gravitationsgesetze angewandt werden können, auch für sie ist das Kepler'sche zweite Gesetz gültig. „Genaue Messungen von Positionswinkeln und Abständen, zu Bahnbestimmungen geeignet, haben schon bei einer beträchtlichen Zahl von Doppelsternen gezeigt, daß der Begleiter sich um den als ruhend betrachteten Hauptstern, von denselben Gravitationsgesetzen getrieben, bewegt, welche in unserem Sonnensysteme walten. (Kosmos III. 303.) [10])

Das bloße Auge unterscheidet aber noch am Himmel ausge-

dehntere Lichtgebilde, die einen gleichmäßigen Schimmer zeigen, die Milchstraße und Nebelflecke. Ueber diese giebt nun das Teleskop Aufschlüsse, die zu den wichtigsten gehören, die aus der Betrachtung des Himmels sich je ergeben haben. Gehen wir zunächst zur Betrachtung der Milchstraße über. Als Herschel sein mächtiges, 20füßiges Teleskop auf dieselbe richtete, verschwand der neblige Schein, den das Auge in der Milchstraße gewahrt und eine zahllose Menge von Sternen wimmelte heran, „die herrliche Menge Sterne von allen möglichen Größen war in der That erstaunenswürdig." Der Reichthum von Sternen, der sich in den Teleskopen erschließt, wenn sie auf die Milchstraße gerichtet werden, ist in der That staunenerregend. Die Zahlen, die wir schon angegeben haben, beruhen auf wiederholten Zählungen Herschel's, der mit seinem 40füßigen Teleskope in der Milchstraße allein 18 Millionen Sterne für sichtbar hielt. Weniger sicher und ausgemacht ist dasjenige, was die teleskopische Betrachtung des Himmels in Beziehung auf die Nebelflecke lehrt. Wir haben erwähnt, wie das bloße Auge nur sehr wenige derartige Gebilde am Himmelsgewölbe wahrnimmt. Die Teleskope haben zunächst die Zahl derselben bedeutend vergrößert. Schon W. Herschel veröffentlichte in drei Abtheilungen einen Katalog von 2500 Nebeln und Sternhaufen des nördlichen Himmels, durch seinen Sohn ist ihre Zahl auf über 4000 durch Beobachtungen am Cap angewachsen. Ihre Verbreitung am Himmel ist nicht regelmäßig; einzelne Gegenden sind verhältnißmäßig sehr reich, während andere dagegen sehr arm an denselben sind. Am nördlichen Himmel sind die beiden Löwen, der Schweif des großen Bären, und vor Allem Haupt, Flügel und Schulter der Jungfrau sehr reich an diesen Gebilden. Im Allgemeinen sind sie häufiger außerhalb der Milchstraße, als in derselben und zwar an den Polen der Milchstraße am häufigsten. In RA. $9^h$—$15^h$ finden sich 1111 zusammengehäuft und unter diesen $6^h$ oder $90^\circ$ findet sich wieder das Maximum 309 zwischen h. 12—13, wo auch der nördliche Pol der Milchstraße liegt. Sie zeigen sich außerordentlich verschieden ihrer scheinbaren Größe und Gestalt nach. Manche erscheinen als kleine, planetenähnliche, scharf begrenzte, gleichmäßig lichte, regelmäßige Scheibchen, andere sind unförmlich, wolkenartig verschieden an verschiedenen Stellen und nehmen einen Raum von acht Monddurch-

messern am Himmelsgewölbe ein. Die regelmäßig geformten zeigen sich theils vollkommen rund, andere elliptisch von verschiedenem Verhältnisse der beiden Achsen, bis in's Pfriemenförmige übergehend. Auch ringförmige Nebel kommen vor, vollkommen schwarz und leer in der Mitte sich zeigend, oder auch einen schwachen Lichtschimmer, selbst Centralsterne darin erkennen lassend.

Höchst räthselhaft sind die sogenannten planetarischen Nebel, wie W. Herschel, ihr Entdecker, sie nannte [11]). Sie haben eine auffallende Aehnlichkeit mit Planetenscheiben, bald ein gleichmäßiges Licht, bald wie fein gesprenkelt sich zeigend; manche sind scharf begrenzt, andere am Rande wie verwaschen und dunstig. Sie sind rund oder etwas oval, unterscheiden sich aber von den runden Nebelflecken dadurch, daß sie nie, wie diese, eine Verdichtung gegen das Centrum oder gegen mehrere Centralpunkte, Kerne, erkennen lassen. 5 der bis jetzt aufgefundenen 25 hat Lord Rosse's Teleskop als ringförmige Nebel mit ein oder zwei Centralsternen gezeigt. Als letzte Art der regelmäßig geformten Nebel sind noch die eigentlichen Nebelsterne zu erwähnen; ein wirklicher Stern zeigt sich von einem milchigen Lichtnebel umgeben, der ihn wie eine leuchtende Atmosphäre umgiebt, bald scharf abgeschnitten erscheint, bald ganz allmählich verschwindet. Auch die regelmäßig geformten Nebel zeigen durch Lord Rosse's Teleskop hie und da kleine Ausläufer und Anhänge von lichter neblicher Masse. Ganz verschieden von den bisher erwähnten sind die großen unregelmäßig geformten Nebelmassen, „die hauptsächlich zu den Meinungen von der Existenz kosmischen Gewölkes und selbstleuchtender Nebel, welche in den Himmelsräumen zerstreut und dem Substratum des Thierkreislichtes ähnlich seien, Anlaß gegeben haben." (A. v. Humboldt.) Sie haben alle eine sehr diffuse, unsymmetrische Gestalt, keiner gleicht dem andern, aber alle liegen nach J. Herschel sehr nahe der Milchstraße, als deren Ausläufer sie betrachtet werden können. Sie erreichen, wie die sogenannten Magellanischen Wolken am südlichen Himmel, eine sehr bedeutende scheinbare Größe, und lassen einzelne Sterne und regelmäßige Nebelflecke als zu ihrer Zusammensetzung beitragend, erkennen, doch bleibt bei vielen ein lichter Schimmer zurück, ein unauflöslicher heller Hintergrund, von dem sich die eben genannten Gebilde abheben.

Betrachtet man alle diese Gebilde durch die mächtigsten Teleſcope, ſo zerfallen ſie in zwei große Gruppen. Die einen zeigen ſich nämlich zuſammengeſetzt aus einer großen Menge von Sternchen, das Nebelhafte, Wolkige, das ſie noch in weniger mächtigen Fernröhren darbieten, verſchwindet, und wie in der Milchſtraße löſt es ſich auf in eine zahlloſe Menge von Sternen, zu Sternhaufen. Es ſind dieſes die ſ. g. auflöslichen Nebelflecke. Neben dieſen zeigen ſich aber auch unauflösliche, in denen gar kein Stern oder nur einzelne wenige in unauflöslicher, neblig bleibender Maſſe ſich zeigen. Thatſache iſt, daß die Zahl der letzteren mit der Vervollkommnung der Teleſcope ſich immer mehr vermindert, daß früher für unauflöslich gehaltene, ſelbſt in Herſchel's 40füßigem Rieſenteleſcope unauflösliche, in der neueſten Zeit ſich als auflöslich gezeigt, in Lord Roſſe's Teleſcop wirklich als aus einzelnen Sternen beſtehend ſich dargeſtellt haben; aber ebenſo iſt es auch Thatſache, daß ein großer Theil derſelben auch in dieſem mächtigen Inſtrumente als unauflöslicher Nebel ſich erhält.

Unter den Aſtronomen ſelbſt ſind zwei große Partheien; die einen halten dafür, daß es gar keine unauflöslichen Nebel gebe, daß bei noch höherer Vollkommenheit unſerer optiſchen Inſtrumente alle in Sterne ſich auflöſen laſſen würden; die anderen halten daran feſt, daß, wenn auch noch mancher jetzt für unauflöslich gehaltene Nebelfleck aufgelöſt würde, doch noch immer eine Anzahl unauflöslicher zurückbleiben würde, die eben nicht aus dichten Sternhaufen beſtünden, ſondern aus einem wirklichen Lichtgewölke, und daher auch nicht in Sterne aufgelöſt werden könnten. Es hängt dieſe Frage auf das innigſte mit den Schlüſſen zuſammen, die man aus den Beobachtungen des Fixſternhimmels über die Vertheilung der Sterne im unendlichen Raum gezogen hat, daher wir jetzt zur Betrachtung derſelben und zu den Reſultaten, welche eben die bisher mitgetheilten „Beobachtungen über den Bau des Himmels" ergeben haben, übergehen wollen.

Die mit bloßem Auge ſichtbaren Sterne mit den Sternanhäufungen in der Milchſtraße bilden ein Sternſyſtem, welches eine linſenförmige oder ſcheibenförmige Geſtalt hat, durch welches ein Durchſchnitt ungefähr folgende Geſtalt haben würde. An der Stelle des kleinen Scheibchens befindet ſich unſer Sonnenſyſtem. Es ſteht

nicht ganz in der Mitte desselben, sondern etwas außerhalb des Centrums. Man denke sich nun ein Auge, aus der Stelle unseres Sonnensystemes hinausblickend nach m und m', so wird es in dieser Richtung Stern an Stern dicht angehäuft erblicken. Wie man in einem Walde, in die Tiefe desselben hineinschauend, Stamm an Stamm erblickt, während man, näher seinem Ende, zwischen den einzelnen Stämmen hindurch in das freie Feld sehen kann, und nicht ein Stamm den anderen zu decken scheint, ebenso werden sich auch die Sterne in der Richtung von m nach m' für ein Auge in o zusammendrängen und eine Anhäufung, wie wir sie in der Milchstraße finden, bilden, während man in einer darauf senkrechten Richtung nach dem kurzen Durchmesser der Linse wie am Rande des Waldes zwischen den einzelnen, scheinbar weniger dicht stehenden Sternen hindurchsieht. W. Herschel selbst hat schon in seinen letzten Abhandlungen (1817) der Annahme den Vorzug gegeben, daß unser Sternensystem aus einer verschiedenen, ringförmig angeordneten Sternschichte bestehe, in der unser Sonnensystem selbst eingebettet liege. Die neueren Forschungen haben gezeigt, daß die Vertheilung der Sterne in mehrere oder wenigstens zwei concentrische, ringförmige Schichten, wodurch allerdings auch eine scheiben- oder linsenförmige Gestalt unseres Sternensystemes entsteht, am besten den Beobachtungen entspricht. Die Sterne finden sich nicht überall gleichmäßig vertheilt, was W. Herschel ebenfalls schon erkannt hatte, sondern bald mehr, bald weniger zusammengedrängt [12]). Unsere Sonne befindet sich in einer sternarmen Region. „Untersuchungen über die ungleichartige Lichtintensität der Milchstraße, wie über die Größenordnungen der Sterne, welche von den Polen der Milchstraße zu ihr selbst hin an Menge regelmäßig zunehmen (die Zunahme wird vorzugsweise 30° auf jeder Seite der Milchstraße in Sternen unterhalb der 11. Größe, also in $^{16}/_{17}$ aller Sterne, bemerkt), haben den neuesten Erforscher der südlichen Himmelssphäre zu merkwürdigen Ansichten und wahrscheinlichen Resultaten über die Gestalt des galactischen Ringsystemes und über das geleitet, was man kühn die Stelle der Sonne in der Weltinsel nennt, welcher jenes Ringsystem angehört. Der Standort, den man der Sonne anweist, ist

excentrisch: vermuthlich da, wo eine Nebenschicht sich von dem Hauptringe abzweigt, in einer der verödeteren Regionen, die dem südlichen Kreuze näher liegt, als dem entgegengesetzten Knoten der Milchstraße." (Kosmos III. 189.) Auf ähnliche Resultate ist auch Mädler gekommen, die wir weiter unten mittheilen werden.

Wenig nur wissen wir über die eigentliche Natur der Fixsterne, nur das sicher, daß sie, wie unsere Sonne, eigenes Licht ausstrahlen, nicht in erborgtem Scheine glänzen [13]). Daß die Intensität ihres Lichtes nicht genau im Verhältnisse zu ihrer Entfernung steht und nicht von dieser allein abhängig sei, haben wir schon erwähnt; da uns ihre Größe aber noch völlig unbekannt ist, haben wir kein Mittel, in dieser Beziehung Vergleiche anzustellen. Viele derselben zeigen bald regelmäßige, bald unregelmäßige Veränderungen ihrer Helligkeit. Manche Sterne sind urplötzlich zu einer alle anderen überstrahlenden Helligkeit aufgelodert, und haben dann wieder an Glanz verloren, ja selbst vorher nie beobachtete Sterne hat man plötzlich hell erglänzen und ebenso rasch wieder spurlos verschwinden sehen. Von welchen Vorgängen diese Erscheinungen herrühren, darüber kann man nicht einmal eine Vermuthung wagen; ob die Lichtentwicklung eine wechselnde sei, ob, wie dies für die regelmäßig an Helligkeit ab- und zunehmenden angenommen wurde, eine Achsendrehung des Sternes uns weniger und mehr leuchtende Theile desselben zukehre, ob Wechselwirkung von anderen Sternen auf die Photosphäre des veränderlichen Sternes seine Lichtentwicklung ändere, beruht Alles noch auf bloßer Vermuthung, ohne einen Anhaltspunkt an Beobachtungen zu finden [14]).

Ein wichtiges Resultat hat die Beobachtung des Fixsternlichtes noch ergeben, nämlich das, daß es sich mit derselben Schnelligkeit fortpflanze, aus wie verschiedenen Entfernungen es auch zu uns gelangt. Die Aberrationsgröße desselben hat sich aus der Beobachtung aller als dieselbe herausgestellt. Wir haben oben, p. 225, gezeigt, wie uns diese ein Mittel an die Hand gebe, die Schnelligkeit des Lichtes zu finden.

Das bisher Erörterte ist dasjenige, was wir über die Anordnung unseres Sternensystems, unserer „Weltinsel", zu wissen glauben. Gehören die Nebelflecke dazu oder nicht? Hierüber sind die Ansichten der Astronomen ebenfalls getheilt. Nach den einen

sind namentlich die auflöslichen noch zu unserer Sterneninsel gehörig, wenn auch an den äußersten Rändern derselben gelegen, nach anderen sind sie sowohl, wie die unauflöslichen, selbständige Weltinseln, ähnlich unserer, bestehen wie diese aus einer zahllosen Menge von Sternen, und erscheinen uns aus schwindelnder Ferne da, wo wir zwischen den weniger dicht besternten Theilen unseres Sternsystemes hinaus, wie durch Oeffnungen, in den unendlichen Raum blicken können, auf dem nächtlichen Hintergrunde als kleine verschwindende Lichtwölkchen aufdämmernd. Es läßt sich leicht berechnen, in welcher Entfernung auch unsere Weltinsel, unser Sternensystem, eine ähnliche Erscheinung darbieten würde. Nach Mädler ist der Durchmesser der Weltinsel, zu der unsere Sonne gehört, so groß, daß das Licht circa 6000 Jahre braucht, um von einem Ende desselben zum andern zu gelangen. Aus einer Entfernung von 10 Millionen Jahren Lichtwegs betrachtet, würde unser ganzes Sternensystem als ein Nebelfleck mit einem scheinbaren Durchmesser von nur 2 Minuten — also von 15mal kleinerem Durchmesser als die Mondscheibe — sich darstellen. Selbst die stärksten Teleskope würden dann wohl kaum diesen Nebelfleck in Sterne aufzulösen im Stande sein.

Ob es wirklich unauflösliche Nebelflecken gebe, darüber sind, wie schon erwähnt wurde, die Meinungen der Astronomen sehr getheilt. Nach den einen sind einige der unter diesem gemeinschaftlichen Namen zusammengefaßten Gebilde wirklich aus einer nebelartigen, d. h. dunstförmigen leuchtenden Masse, „gleichsam Sternmaterie" gebildet. Es ist dies fast gewiß von den planetarischen Nebeln und den Nebelsternen, die noch innerhalb unseres Weltsystems eingeschlossen sind. Ebenso möge ein Theil der bereits aufgelösten Nebel Sternhaufen sein, die an der äußersten Grenze unserer Weltinsel oder selbst als selbständige Glieder außerhalb derselben lägen. Die noch nicht aufgelösten seien unendlich weit entfernte Sternsysteme, deren Auflösung vielleicht nie gelingen würde. Diese Ansicht vertritt unter anderen sehr lebhaft Mädler. Nach ihm wäre das nächste dieser als unauflösliche Nebel sich zeigender Sternsysteme so weit von uns entfernt, daß das Licht 50 Mill. Jahre bis zu uns brauche. Von diesem aus betrachtet, würde unser Sternsystem, unter Voraussetzung eines Durchmessers, wie ihn Mädler berechnet hat, nur einen scheinbaren Durchmesser von

40 Secunden haben, und wahrscheinlich auch für noch schärfere optische Werkzeuge, als die unsrigen, als vollkommen unauflöslich sich zeigen [15]).

Nach anderer Ansicht giebt es wirkliche unauflösliche Nebel, welche gleichsam die ersten Anfänge jedes Sternensystems uns sichtbar machen, indem sie alle möglichen Stufen von der leuchtenden dunstförmigen Ansammlung der Materie, in der noch keine Consolidirung und Gruppirung zu einzelnen festeren Körpern, zu Sternen, wahrzunehmen ist, bis zur Bildung vollkommener, unserem Sternensysteme gleichender Sternhaufen erkennen lassen. „Wie wir in unseren Wäldern dieselbe Baumart gleichzeitig in allen Stufen des Wachsthums sehen und aus diesem Anblick, aus dieser Coexistenz, den Eindruck fortschreitender Lebensentwicklung schöpfen, so erkennen wir auch in dem großen Weltgarten die verschiedensten Stadien allmählicher Sternbildung." (Kosmos I. p. 87.) Wir dürfen dabei eben nicht vergessen, daß das, was wir *jetzt* am Himmel sehen, nicht sein *jetziger*, sondern sein *vergangener* Zustand ist. Wir sehen, je weiter hinaus in den Raum, zugleich desto weiter zurück in die Zeit; und wenn das Licht von jenen fernen Sternsystemen 30 Millionen Jahre braucht, um zu uns zu gelangen, so sehen wir dieselben jetzt in dem Zustande, den es vor 30 Millionen Jahren hatte, und erst nach 30 weiteren Millionen Jahren würden Bewohner der Erde diese Systeme in dem Zustande erblicken können, in welchem sie jetzt sich befinden.

Was die Entscheidung der Frage, giebt es wirkliche Nebel, die nicht aus einzelnen Sternen bestehen, so schwierig macht, ist eine durch *längere* Beobachtung allerdings entscheidbare, aber bis jetzt noch unentschiedene, mit jener innig zusammenhängende weitere Frage; nämlich die: Haben sich in den unauflöslichen Nebeln *Formveränderungen* durch die Beobachtung nachweisen lassen? Man hat nämlich mit Recht den Einwand gemacht, bestünden jene unauflöslichen Nebel wirklich aus einer leuchtenden dunstartigen Masse — ähnlich der der Kometen oder der des Zodiacalringes — so könnten sie nicht wohl in der *unregelmäßigen* Form sich *erhalten*, die man an manchen wahrnimmt, sie würden sich nach den Gesetzen der Gravitation, der allgemein für die Materie gültigen Anziehungskraft, nach und nach zu einer *kugeligen* Masse umgestalten, wie die sogenannten planetarischen Nebel sie

zeigen, weil nur unter dieſer Form die Theile einer dunſtförmigen oder flüſſigen Maſſe jenen Geſetzen Genüge leiſten können. Dagegen wird aber wiederum von den Anhängern der Nebeltheorie vorgebracht, daß von mehreren Beobachtern, z. B. dem ſo vorſichtigen älteren Herſchel, wirklich Veränderungen der Form an einigen wahrgenommen worden ſeien [16]), daß die Beobachtung dieſer Gebilde erſt eine äußerſt kurze ſei, und daß bei denſelben noch andere dynamiſche Kräfte mit im Spiel ſein könnten, welche modificirend auf die bloß mechaniſch wirkende Attraction einwirken.

Die höchſt eigenthümlichen Formen, die manche dieſer Nebel und ſelbſt das Nebelhafte, was in manchen aufgelöſten, d. h. einzelne Sterne zeigenden Nebeln zurückbleibt, dem Beſchauer darbieten, ſcheint mit der Annahme wenig vereinbar zu ſein, daß die ganze Maſſe in ihnen ſich zu einzelnen Sternen umgewandelt habe. Eine der ſeltſamſten Formen iſt der Nebel im nördlichen Jagdhunde; „eine leuchtende Spira, deren Windungen uneben erſcheinen und an beiden Extremen, im Centrum und auswärts, in dichte, körnige kugelrunde Knoten auslaufen.“ (Kosmos III. 341.) Auch in dieſem wurden einzelne Sterne von Lord Roſſe erkannt; es iſt jedoch bei dieſem, wie bei anderen ähnlichen, nur theilweiſe aufgelöſten Nebeln noch unentſchieden, ob die wahrgenommenen Sterne nicht weit vor demſelben liegen und nur zufällig ſo zu ihm ſtehen, daß der Nebel den Hintergrund bildet, und daß daher unſer Auge ſie auf ihm oder in ihm erblickt. Die beiden folgenden Figuren ſtellen den eben erwähnten Spiralnebel und einen anderen ähnlichen nach Lord Roſſe's Abbildung davon dar. Die weißen Punkte in A ſind deutlich erkennbare Sterne; von B macht Lord Roſſe folgende Beſchreibung: „ein ſonderbarer Nebel mit einem lichten Kern, der auflöslich iſt; eine ſpiralige oder ringförmige Anordnung bemerkbar; kein andrer Theil des Nebels wurde aufgelöſt.“

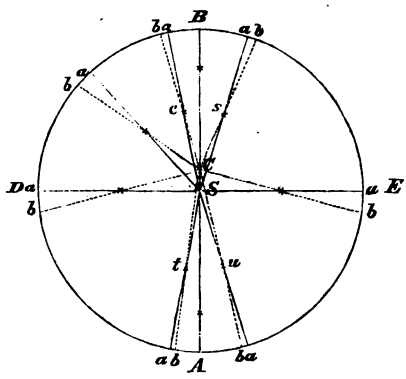
(Philosoph. Trans. 1850. p. 499 ꝛc.)

Was auch die Zukunft über die jetzt unauflöslichen Nebel lehren wird, eines Theils durch längere anhaltende Beobachtung, welche allenfallsige Veränderungen in denselben nachweisen wird, andern Theils durch noch weitere Vervollkommnung unserer optischen Werkzeuge, sie wird wohl schwerlich alle Nebel auflösen und den Streit auf dem directen Wege der Beobachtung entscheiden. „Unter Anwendung von Fernröhren wachsender Stärke wird jedes nachfolgende auflösen, was das vorhergehende unaufgelöst gelassen hat, zugleich aber auch, wenigstens theilweise, wegen seiner zunehmenden raumdurchdringenden Kraft, die aufgelösten Nebel durch neue, vorher unerreichte ersetzen. Sollte dem nicht so sein: so muß man sich, nach meinem Bedünken, entweder den gefüllten Weltraum begrenzt, oder die Weltinseln, zu deren einer wir gehören, dermaßen von einander entfernt denken, daß keines der noch zu erfindenden Fernröhre zu dem gegenüberliegenden Ufer hinüberreicht." (Kosmos III. 322.)

So unfaßbar auch im Anfang die Vorstellung erscheint, jene unendlich fernen Gebilde als aus einem leuchtenden Fluidum bestehend anzunehmen, so sehen wir in unserem Planetensysteme im Kleinen an den Kometen und am Zodiakallichtringe das Vorhandensein und Bestehen solcher Massen im kleinen, gegen jene Gebilde der Größe nach wahrhaft mikroscopischem Maaßstabe; in viel mächtigerem schon bei den noch zu unserem Sternsysteme möglicherweise gehörenden planetarischen Nebeln, und den Nebelsternen. Nehmen wir mit Mädler an, daß diese noch in unserer Milchstraße liegen, und daß das Licht 3000 Jahre von ihnen zu uns unterwegs sei, so ist der wahre Durchmesser dieser leuchtenden Dunstmasse bei einem scheinbaren Durchmesser von 2 Minuten (es kommen aber auch größere vor) so groß, daß das Licht 1½ Jahr braucht, um denselben zu durchlaufen, während es von der Sonne bis zu dem äußersten Planeten Neptun nur 1½ Stunde braucht!

Wenden wir uns von jenen, noch so vieles Räthselhafte darbietenden fernsten Gebilden zu den näheren Theilen unserer Weltinsel, zu den Fixsternen, zurück, so bleibt uns noch eine wichtige Reihe von Beobachtungen der neueren Astronomie zu besprechen. Es sind das die Bewegungen, welche man an den scheinbar Jahrtausende hindurch unbewegten, feststehenden Sternen, Fixsternen, erkannt hat. Es ist nämlich kein Punkt am Himmel wirk-

lich ein fester, Alles bewegt sich, ohne daß dadurch das Gleichgewicht der Sternsysteme unter einander gestört wird. Bei der unendlich großen Entfernung der Fixsterne erscheint dieselbe aber so gering, daß sie dem bloßen Auge des Menschen, auch wenn er sie sein ganzes Leben hindurch verfolgte, unmerklich wird und erst nach Jahrtausenden die Sternbilder von einer etwas veränderten Gestalt demselben zeigen würde. Nur Vergleichungen der ältesten Angaben über die gegenseitige Stellung der Fixsterne zu einander mit der jetzt beobachteten, oder genaue Aufzeichnung des Ortes, den ein Stern am Himmel einnimmt mit Hülfe der höchst verfeinerten Meßinstrumente, wie sie uns jetzt zu Gebote stehen, und spätere wiederholte Beobachtung desselben Sternes ist im Stande, diese Bewegungen deutlich zu machen. Auch bei diesen Bewegungen sind wieder die *scheinbaren* von den *wirklichen* zu trennen. Durch solche *Vergleichungen* der jetzigen mit den ältesten Positionsangaben der Fixsterne ist seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts die *eigene Bewegung* von Fixsternen bestimmt ausgesprochen und bekannt worden, wenn schon das Maaß derselben zuerst durch W. *Herschel* und später besonders durch *Argelander's* und *Bessel's* Beobachtungen für viele derselben festgesetzt wurde. Wir haben zwei Quellen einer *scheinbaren* Bewegung der Fixsterne — außer der scheinbaren täglichen Rotation des Himmelsgewölbes — schon erwähnt. Die eine scheinbare Bewegung ist das *Vorrücken* der *Tag- und Nachtgleichen*, bedingt durch die Drehung der Erdachse (cfr. p. 215), wozu noch die durch die *Nutation der Erdachse* bedingte hinzukommt (cfr. p. 251 Anm. 7), die andere ist erzeugt durch die s. g. *Aberration des Lichtes* (cfr. p. 225). Eine dritte ist, früher als Vermuthung ausgesprochen, durch W. *Herschel* zur Gewißheit geworden; sie rührt her von der *Fortbewegung unserer Sonne mit allen ihren Planeten im Raume*. Inwieferne dies durch die Beobachtung der Fixsterne und deren scheinbare Ortsveränderung erkannt wird, möge hier durch die *Herschel'sche* einfache Darstellung davon erläutert werden. In S sei die Sonne, um sie herum ausgestreut Sterne, die am Himmelsgewölbe in den Richtungen S a erscheinen. Die Sonne bewege sich nach B. Was wird die Folge sein, wenn die Sonne in C angekommen ist? An dem Himmelsgewölbe A B werden die Sterne, die in der Richtung




A B liegen, allein noch ihren alten Stand behalten, alle übrigen werden denſelben ſcheinbar verändert und zwar alle in den Richtungen C b ſich zeigend, um die Bögen a b von B ſich entfernt zu haben ſcheinen. Am ſtärkſten wird dieſe ſcheinbare Bewegung in der auf A B ſenkrechten Richtung ſich finden und ſich nach der Richtung A B zu immer mehr verringern, die ſcheinbare Entfernung zweier Sterne wie c s, die rechts und links von der Linie A B liegen, wird ſich an dem ober D E in der Richtung der Bewegung der Sonne gelegenen Theile des Raumes dadurch nothwendig vergrößern, dagegen in der entgegengeſetzten Richtung verkleinern, wie t und u, von S und C aus betrachtet, zeigt.

Durch ſorgfältige Vergleichung dieſer ſcheinbaren Ortsveränderungen, hauptſächlich von 24 der hellſten, in verſchiedenen Gegenden des Himmels gelegenen Fixſternen hat Herſchel die Richtung dieſer Bewegung beſtimmt. Nach ihm bewegt ſich unſere Sonne nach dem Sternbilde des Hercules und zwar nach dem in ſeinem linken Arm gelegenen Sterne λ zu. Die neueſten Unterſuchungen haben ziemlich daſſelbe Reſultat ergeben; Argelander hat 319 Sterne zu dieſem Behufe unterſucht, und auch die Beobachtungen auf der ſüdlichen Halbkugel haben ein ähnliches Reſultat geliefert. Nach Gauß liegt die geſuchte Stelle innerhalb eines Viereckes am Himmel, deſſen Endpunkte um 1° 24′ Rectascenſion und um 37 Minuten der Declination nach von einander entfernt ſind. Es handelte ſich nun noch darum, den Punkt des Himmels zu finden, um welchen ſich unſere Sonne mit den Planeten, wie dieſe ſich um ſie, bewegten. Die ausgedehnteſten Beobachtungen und Unterſuchungen in dieſer Beziehung verdanken wir Mädler *). Nach ihm iſt die Gruppe der Plejaden, das

*) J. H. Mädler, die Centralſonne. Dorpat 1846.

s. g. Siebengestirn, und in diesem wahrscheinlich der Stern Alcyone derjenige Körper, um welchen sich unsere Sonne bewegt. Alcyone hat nach Mädler's scharfsinnigen Combinationen und Vergleichungen mit der bekannten Parallaxe des kleinen Sternes 61 im Schwan eine Parallaxe von 0″,0065 *). Ihre Entfernung wäre demnach 31½ Millionen Halbmesser der Erdbahn, das Licht würde 498 Jahre von diesem Sterne zu uns brauchen. Einen vollen Umlauf um die Alcyone legt die Sonne in 18½ Millionen Jahren zurück, in jeder Secunde 8 geogr. Meilen mit ihren sämmtlichen Planeten fortrückend.

Wie die Fortbewegung der Erde mit der Sonne eine scheinbare Bewegung aller Fixsterne hervorrufe und wie man eben aus dieser scheinbaren Bewegung derselben die wirkliche Fortrückung unseres Sonnensystemes erkannt hat, haben wir eben erörtert.

Es haben aber auch die Fixsterne, außer dieser scheinbaren, eine eigene wirkliche Bewegung.

Die Größe derselben zu erkennen, war erst möglich, als man genauere ältere Angaben über ihre Stellung am Himmel mit dem Stande, den sie zu Zeiten des späteren Beobachters hatten, vergleichen konnte. Je genauer ihre Stellung von älteren Astronomen für ein bestimmtes Jahr angegeben waren, desto genauer war das Maaß ihrer Bewegung nach Verlauf von Jahrzehnten zu bestimmen. W. Herschel benützte dazu als Grundlage die Angaben Flamstead's, dessen Sternatlas 1712 erschienen war und verglich damit die Stellung derselben zu seiner Zeit. Er theilte die Resultate 1783 mit. Später haben besonders Bessel und Argelander die höchst genauen Positionangaben Bradley's von 1755 zu Grunde gelegt und danach die Eigenbewegung vieler Fixsterne bestimmt. Dieselbe ist, von der Erde aus betrachtet, außerordentlich verschieden, sie wechselt von 1/20 Secunde bis 8 Secunden jährlich, die weniger hellen Sterne haben eine stärkere Bewegung, als die glänzenderen. Keiner der Sterne erster Größe hat eine so starke Eigenbewegung wie man sie an Sternen fünfter bis sechster Größe gefunden hat. Sieben Sterne haben eine besonders starke eigene Bewegung erkennen lassen, wovon zwei (Arctur mit 2,25 Secunden, α Centauri mit 3,58 Secunden

*) Mädler, die Centralsonne p. 45.

eigner Bewegung) Sterne erster Größe sind, die übrigen sind Sterne zwischen fünfter und sechster Größe und haben sämmtlich eine stärkere von 4 bis 7″,871 betragende Eigenbewegung. Dagegen hat der helle Stern α der Leyer nur 0″,40 und Aldebaran nur 0″,185 Eigenbewegung. Zieht man das arithmetische Mittel aus allen bisher bekannten Eigenbewegungen aus allen Zonen des Himmels, so ist dasselbe nach Mädler ungefähr 0″,102. Man sieht leicht, wie wenig für das blos schätzende Auge der Anblick des Himmels sich verändern würde, wenn auch dasselbe Auge den Himmel nach 1000 Jahren wieder betrachtete. Nehmen wir z. B. den hellen Stern α Centauri zu unserer Berechnung, so würde er in 1000 Jahren um einen Bogen von 3580 Secunden = 59⅔ Minuten am Himmelsgewölbe von seiner früheren Stellung sich fortbewegt haben, also um etwa soviel als die doppelte Breite der Mondscheibe beträgt. Nehmen wir aber jenes Mittel von 0″,102 Secunden für das ganze Himmelsgewölbe an, so betrüge die Veränderung im Allgemeinen nur 102 Secunden oder 1 Minute 42 Secunden, d. h. ungefähr den 30sten Theil des Durchmessers der Mondscheibe.

Außer dieser Fortbewegung im Raume kommt vielen Fixsternen, wie wir schon oben p. 269 erwähnt haben, noch eine eigenthümliche Bewegung um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt oder um einen anderen scheinbar sehr nahe gelegenen Stern zu. Es sind dieses die sogenannten Doppelsterne oder vielfachen Sterne, über die wir das Nöthige schon oben p. 269 und Anm. 10 mitgetheilt haben. Die eigene Bewegung mehrerer einfacher Sterne hat man neuerdings unter demselben Gesichtspunkte aufzufassen gesucht. Eine wichtige Untersuchung über die „Veränderlichkeit der eigenen Bewegungen von Procyon und Sirius hat Bessel, dem größten Astronomen unserer Zeit, die Ueberzeugung aufgedrängt: daß Sterne, deren veränderliche Bewegungen in den vervollkommnetsten Instrumenten bemerkbar werden, Theile von Systemen sind, welche vergleichungsweise mit den großen Entfernungen der Sterne von einander, auf kleine Räume beschränkt sind," (Kosmos.) Doppelsterne oder vielfache Sterne, von denen nur einer leuchtet, der andere, oder die anderen, bei vielfachen Sternen, dunkel, uns daher unsichtbar sind. Diese bei Bessel zur festen Ueberzeugung gewordene und in sich durchaus nichts

Unannehmbares enthaltende Vermuthung (warum sollte es allein in unserem Planetensysteme nicht selbstleuchtende Körper geben?) hat durch neuere, von einander ganz unabhängige Untersuchungen bedeutende Stützen erhalten, indem die scheinbar so sonderbaren Eigenbewegungen mehrerer Sterne auf das einfachste sich erklären lassen, wenn man sie als Doppelsterne annimmt, deren einer dunkel und uns unsichtbar ist [17]).

Wohin ist aber die Bewegung aller ihren Ort verändernden Fixsterne, abgesehen von der scheinbar auf kleinen Raum beschränkten Kreisbewegung der Doppelsterne, die selbst noch an dieser allgemeinen Bewegung Theil nehmen, gerichtet? Giebt es für alle einen Mittelpunkt der Bewegung, um den herum sie alle mit verschiedener Schnelligkeit kreisen, oder ist kein solcher vorhanden und giebt es nur isolirte Theilsysteme in unserer Weltinsel, in denen sich mehr oder weniger Sterne, gruppenweise zusammengeschaart, um einen nur ihnen gemeinschaftlichen Schwerpunkt bewegen? Eine sichere Antwort darauf zu geben, wird erst nach längerer fortgesetzter Beobachtung künftiger Geschlechter möglich sein. Die bis jetzt genau bestimmten Bewegungen sind noch zu gering, ihre Zahl ist noch zu klein, um daraus schon sichere Berechnungen anstellen zu können. Von den zahllosen Sternen telescopischer Größe, wie sie in der Milchstraße enthalten sind, wissen wir noch nichts, ihre Eigenbewegung betreffend. Dennoch kann aus den jetzt schon bekannten Bewegungen für die Sterne, von denen man sie kennt, eine wahrscheinliche Antwort gegeben werden.

Mädler hat zu diesem Behufe die Eigenbewegung von mehr als 800 Fixsternen einer genauen Beobachtung und Prüfung unterworfen und glaubt daraus ein allgemeines Centrum der Bewegung gefunden zu haben [18]). Es ist daher die Plejadengruppe nach ihm nicht nur für unser Sonnensystem, sondern für unser ganzes von der Milchstraße umschlossenes Sternsystem der Mittelpunkt, der Schwerpunkt der allgemeinen Bewegung. Nach ihm ist die Anordnung unseres Sternensystems, unserer Weltinsel, folgende: „Die Mitte ist bezeichnet durch eine sehr sternenreiche, dichtgedrängte und mit bedeutenden einzelnen Massen erfüllte Gruppe, die Plejaden. Rings um sie herum eine verhältnißmäßig sternenleere Zone, deren Breite den Durchmesser des Centralsystemes

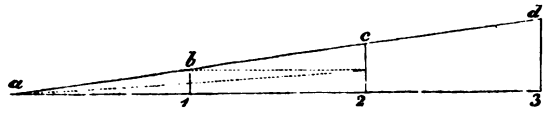
etwa 6mal übertrifft; hierauf eine breite, ringförmige, sternenreiche Schicht, dann abermals eine sternenarme Zwischenzone und so fort in einer noch unbestimmten Anzahl von ringförmigen Gliedern, deren beide äußersten die Milchstraße bilden. Brückenartige Zwischentheile verbinden an einzelnen Stellen diese großen Ringe, die auch sonst nicht in allen Theilen ihres Umkreises von gleicher Mächtigkeit sind und hin und wieder etwas einer Gruppenbildung Aehnliches zeigen, meistens aber nur aus isolirten Fixsternen und Fixsternpaaren bestehen."

## Anmerkungen und Erläuterungen zum zwölften Kapitel.

[1])-zu S. 257. Man hat, wie bekannt, nach dem Grade ihrer Helligkeit die Fixsterne in verschiedene Klassen, von denen nur Sterne 1—6. Größe mit bloßem Auge sichtbar sind, getheilt. Am nördlichen Himmel, z. B. für den Horizont von Berlin, sind nur 4022 Sterne mit bloßem Auge erkennbar. (Kosmos III. p. 158.) Der Reichthum an Sternen dagegen, der sich in einem Teleskope namentlich in der Milchstraße erschließt, ist ganz unglaublich; Herschel schätzte, daß sich am 22. August während 41 Minuten durch die scheinbare Bewegung des Himmelsgewölbes nicht weniger als 258000 Sterne in der Gegend des Schwanes in der Milchstraße durch das Gesichtsfeld seines Teleskopes hindurchbewegten! (Herschel's Abhandlung on the construction of the heavens. 1785.)

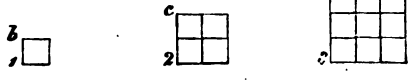
[2]) zu S. 262. Herschel schon fand, daß die Durchmesser, welche die Fixsterne zeigten, unächte seien, er fand auch, daß sie immer mehr schwanden, kleiner wurden, wenn er stärkere Vergrößerungen anwandte, ein Umstand, der allein hinreichend ist, ihre Unächtheit zu beweisen.

[3]) zu S. 262. Der scheinbare Durchmesser eines Körpers nimmt im Verhältnisse der Entfernung ab. Ein Gegenstand, der doppelt so groß ist, als




ein anderer, erscheint in doppelter Entfernung ebenso groß als dieser, ein Körper, der in einer bestimmten Entfernung etwa 1 Fuß groß erscheint, zeigt sich in doppelter Entfernung $^1/_2$ Fuß groß u. s. f. So ist z. B. in unserer Figur das Verhältniß der Linien 1 b : 2 c : 3 d wie 1 : 2 : 3, einem Auge in a erscheinen sie aber gleich groß; ziehen wir von a z. B. eine Linie nach der Mitte von 2 c, so wird uns dieses Stück, obwohl so groß wie 1 b, nur halb so groß als 1 b erscheinen, wie die Figur unmittelbar zeigt. Der scheinbare Durchmesser unserer Sonne würde daher in der Entfernung des nächsten Fixsternes, d. h. also in einer 223000mal größeren, um das 223000fache verkleinert sich zeigen und bei einer 1000fachen Vergrößerung immer noch um das 223fache. Bei sehr kleinen Winkeln, wie die hier in Betracht kommenden, nimmt aber die Größe des Bogens, d. h. die Anzahl der Secunden, in demselben Verhältnisse wie die Linien 1 b, 2 c, 3 d u. s. f. ab, was bei größeren Winkeln nicht mehr der Fall ist. Der scheinbare mittlere Sonnendurchmesser beträgt 32′, 18″; bei 1000facher Vergrößerung würde er in jener Entfernung also nur den 223sten Theil betragen, d. h. $^{1930{,}8''}/_{223}$, oder 8,6″.

[4]) zu S. 263. Wir haben in der vorigen Anmerkung gesehen, daß der Durchmesser eines Gegenstandes im einfachen Verhältnisse mit der Entfernung abnehme, daraus folgt unmittelbar, daß die Fläche (und Flächen nimmt ja das Auge nur wahr) nach dem Quadrate der Entfernung kleiner sich zeigt; wie aus der Figur Anm. 3 dieses Kapitels sich ergiebt (das größere Quadrat hat den zweifachen Durchmesser, aber den vierfachen Inhalt des kleineren). Ebenso nimmt aber auch die Helle, die Lichtstärke, eines Gegenstandes mit dem Quadrate der Entfernung ab. Es sei z. B. in a ein Licht, das seine Strahlen nach allen Seiten hin aussendet. Denken wir uns nun in 1, 2, 3 quadratische Flächen aufgestellt, von dem Durchmesser 1 b, 2 c, 3 d, so werden diese folgende Größe haben. Offenbar erhalten aber diese sämmtlichen drei Quadrate dieselbe Menge Licht, oder dieselbe Menge Licht vertheilt sich in 2, 3 auf eine Fläche, die 4 und 9fach kleiner ist, als



die Fläche in 1; die Lichtmenge jedes Punktes von 2 wird daher 4mal, von 3 dagegen 9mal geringer sein, als die in 1; denn offenbar wird dieselbe Menge Lichtes, auf eine 9mal größere Fläche vertheilt wie in 3, dieselbe 9mal schwächer erhellen, als die in 1facher Entfernung aufgestellte, die bei 9mal geringerer Größe doch die gleiche Menge Licht erhält. Denken wir uns aber die Flächen gleich groß, so ist offenbar, daß die Fläche in 2 nur noch $^1/_4$ des Lichtes wie in 1 erhält (sie hat ja jetzt $^1/_4$ von der Größe, die sie haben müßte, um ebenso viel Licht aufzufangen, wie in 1), in 3 dagegen nur noch $^1/_9$, indem ja nach Fig. 2 ein 9fach so großes Quadrat, wie das in Rede stehende, alles Licht empfangen würde, das das Quadrat in 1 erhält. Setzen wir nun an die Stelle der Flächen das Auge, so ergiebt sich ebenso, daß das Auge in 2facher Entfernung nur $^1/_4$ des Lichtes, in 3facher nur $^1/_9$ des Lichtes von einem leuchtenden Körper erhält, d. h. also, daß die Helligkeit nach dem Quadrate der Entfernung abnehme. Die Pupille unseres Auges ist rund, die Strahlen jedes leuchtenden Punktes bilden daher einen Kegel, dessen Basis im Auge die Pupille bildet, dessen Spitze der leuchtende Punkt selbst ist. Die Basis eines Kegels ist ein Kreis, die Flächeninhalte von Kreisen verhalten sich aber zu einander, wie die Quadrate ihrer Durchmesser. Es läßt sich also für das Auge selbst die Abnahme der Helligkeit nach dem Quadrate der Entfernung nach dem Obigen leicht erweisen. Einen scheinbaren Widerspruch müssen wir hier noch erwähnen, oder vielmehr eine nähere Erklärung des Ausdruckes geben „die Helligkeit nimmt ab." Wir müssen zweierlei unterscheiden: 1) Die Intensität, den Grad der Lichtwirkung, die Lichtkraft eines leuchtenden Punktes, so zu sagen seine spezifische, relative Helligkeit; 2) die Menge der von einem Körper ausgehenden Lichtstrahlen. Diese beiden zusammen machen die absolute Lichtmenge oder absolute Helligkeit, die gewöhnlich schlechtweg sogenannte Helligkeit aus. Ein Beispiel hiefür liefert am besten Sonne und Mond. Die Größe ihrer Scheiben, also die Menge ihrer leuchtenden Punkte, ist für uns gleich groß, nicht so aber die Lichtkraft der einzelnen Punkte und daher rührt auch die Verschiedenheit ihrer absoluten Lichtmenge. Sie sind nicht gleich hell. Nun nimmt bei einem leuchtenden Körper die Intensität seines Lichtes, d. h. jedes einzelnen Strahles, mit der Entfernung nicht ab, d. h. seine relative Helligkeit bleibt dieselbe; der einzelne fortgeleitete Strahl eines Himmelskörpers verliert nichts von seiner Lichtkraft auf seinem Wege, aber, wie wir sahen, die Menge der zusammengedrängten Strahlen: der einzelne Sonnenstrahl ist auf dem Saturn ebenso kräftig, ebenso hell, und insoferne kann man sagen, die Sonne erscheint auf dem Saturn ebenso hell, als bei uns, aber die Menge derselben hat nach dem Quadrate der Entfernung abgenommen; und da Intensität und Menge zusammen die absolute Helligkeit ausmachen, so ist die absolute Helligkeit der Sonne auf dem Saturn nach dem Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen geringer als bei uns. Der Satz, daß der einzelne Lichtstrahl auf seinem Wege durch den Weltraum nichts von seiner Kraft verliere, erleidet jedoch ebenfalls eine gewisse Beschränkung, wie uns eben die Betrachtung des Himmels lehrt. Das Teleskop zeigt uns nämlich, daß überall, wo wir es hinrichten, am Himmelsgewölbe in der Tiefe des Raumes ein Stern sich zeigt. Ginge nun an der Intensität ihrer Strahlen nichts verloren, so müßte uns Nachts das ganze Himmelsgewölbe in einem Lichtschimmer sich zeigen, weil uns ja von allen Punkten desselben Lichtstrahlen zukämen. Da dies aber nicht der Fall ist, so hat man dieses schon lange als einen Beweis angesehen, daß das Licht auf seinem Wege durch den Weltraum etwas in seiner Intensität geschwächt werde. (Siehe A. v. Humboldt's Kosmos III. p. 50.)

5) zu S. 263. Es war dies mit Hülfe des von W. Herschel (geb. 1738 zu Hannover, † 1822 zu Slough bei Windsor) verfertigten 40füßigen Riesenteleskopes möglich, das Ende 1785 angefangen, im August 1789 vollendet war. Die Lichtmasse, die sein großer, $49^1/_2$ Zoll im Durchmesser haltender Spiegel sammelte und dem Auge zuführte, übertraf um $36745^1/_2$mal die, welche das unbewaffnete Auge auffaßte. Er konnte dabei eine 7000fache Vergrößerung an-

wenden. Noch größer und mächtiger ist das neuerdings von Lord Rosse aufgestellte. Sein Spiegel hat 6 englische Fuß im Durchmesser und das Rohr desselben hat 50 Fuß Länge.

6) zu S. 264. „Volum, Masse, Intensität des Lichtprocesses, eigne Bewegung und Abstand von unserem Sonnensysteme stehen gewiß in mannigfaltig verwickeltem Verhältnisse zu einander. Wenn es daher auch im Allgemeinen wahrscheinlich sein mag, daß die hellsten Sterne die näheren sind; so kann es doch im Einzelnen sehr entfernte kleine Sterne geben, deren Photosphäre und Oberfläche nach der Natur ihrer physischen Beschaffenheit einen sehr intensiven Lichtproceß unterhalten." (A. v. Humboldt, Kosmos III. p. 276.)

7) zu S. 266. Es soll hier nur das Verfahren erwähnt werden, das Herschel anwandte, um die Lichtstärke der Sterne unter einander zu vergleichen. Er wählte aus zehn verschiedenen Spiegeln zu seinen Teleskopen zwei aus, die vollkommen gleich bei jeder Probe sich zeigten, und brachte sie in zwei hart neben einander stehende Teleskope. Der Spiegel des einen konnte durch metallene Platten, in denen sich verschieden große runde Oeffnungen über der Mitte des Spiegels befanden, so bedeckt werden, daß nur 1/4, 1/3 u. s. f. der Lichtmenge von ihm aufgefangen wurde, die er unbedeckt auffing. Der Stern erster Größe Arctur wurde nun zum Ausgangspunkte der Vergleichung gewählt. Die Lichtmenge, welche der eine Spiegel von dem Arctur erhielt, wurde nun auf 1/4 vermindert und mit dem anderen ganz freien andere Sterne aufgesucht. Der Stern ($\alpha$) der Andromeda zeigte sich z. B. genau so hell in dem unbedeckten Spiegel, als Arctur in dem auf 1/4 seiner Lichtmenge reducirten Spiegel. Daraus folgt nach Herschel: Wäre Arctur noch einmal so weit von uns entfernt, als er ist, so würde er so hell erscheinen, als jener Stern der Andromeda, denn noch einmal so weit entfernt würde er ja viermal weniger Licht in's Auge senden, wie er thut, wenn man nur 1/4 des Lichtes vom Spiegel dem Auge zukommen läßt. Der Stern $\alpha$ der Andromeda ist demnach ein Stern zweiter Größe. Ebenso verhielt sich der Polarstern u. a. gegen den Arctur. Einer dieser Sterne zweiter Größe wurde nun zur Vergleichung der Sterne dritter, vierter Größe u. s. w. im theilweise geblendeten Spiegel gewählt und auf diese Weise eine Messung und Vergleichung der Lichtstärke der Sterne von verschiedenen Größen erreicht.

8) zu S. 266. Die Milchstraße bildet fast einen größten Kreis an der Himmelskugel, der gegen den Aequator unter 63° geneigt ist. Ihre Pole liegen 180 Grad 47 Minuten Rectascension (gerade Aufsteigung, s. Anm. 4 zu Kap. IX. p. 201) und 27° nördliche Declination und Rectascension 47', südliche Declination 27°. Sie theilt die Himmelskugel in zwei ungleiche Theile, deren Areale sich ungefähr wie 8:9 verhalten. Ihre Breite ist sehr veränderlich. Am schmalsten, aber auch am glänzendsten, ist sie auf der südlichen Hemisphäre, wo sie dem Südpol am nächsten ist; ihre Breite beträgt hier 3—4°. An andern Punkten ist sie dagegen 16° breit, und wo sie getheilt ist, bis 22°. An dem nördlichen Himmel ist sie dem Pole im Sternbilde der Kassiopeja am nächsten, von wo sie sich einerseits durch den Fuhrmann, an den Füßen der Zwillinge und dem Haupte des Stieres vorbei zwischen Orion, dem großen und kleinen Hunde auf die südliche Halbkugel erstreckt, auf der andern Seite von der Kassiopeja aus durch den Schwan, Adler, zum Schützen, von wo an sie ebenfalls für uns unsichtbar wird. Eine Haupttheilung des Stromes findet auf der nördlichen Halbkugel wie auf der südlichen Statt, indem inselartig ein Theil des Himmels zwischen zwei Strömen ohne den Schimmer der Milchstraße sich zeigt, die nördlich im Schwan, südlich in dem schon öfter erwähnten Stern $\alpha$ Centauri auseinander treten. Außerdem zweigen sich noch mehrere kleine, allmählich sich verlierende Aeste von derselben ab, z. B. aus der Kassiopeja nach dem Sternbilde des Perseus u. s. f. (Vergl. Kosmos III. p. 181—189.)

9) zu S. 268. Die folgenden Angaben, so wie Alles, was über die Entdeckungen Herschel's mitgetheilt ist, entnehme ich der Schrift meines Vaters „W. Herschel's Entdeckungen" 1828, in der sämmtliche Abhandlungen Her-

schel's nach ihrem Inhalte geordnet und zusammengefaßt sind, eine Schrift, auf welche alle die verwiesen werden, welche sich näher über die außerordentlichen Entdeckungen jenes großen Mannes unterrichten wollen. Schon im Anfange seiner astronomischen Thätigkeit wendete er sich mit seinen selbstverfertigten Telescopen zu der Milchstraße. Was vor ihm Niemanden gelungen, was man kaum als Vermuthung auszusprechen wagte, machte er zur Gewißheit, sein Auge zuerst sah, daß sie aus einer unendlichen Menge von dichtgedrängten Sternen bestehe. Die Bedeutung dieses Sternstromes für die ganze Anschauung über die Anordnung der Sterne im Raum, erkannte Herschel so wohl, daß er immer und immer wieder zu der Betrachtung derselben und Untersuchungen über sie zurückkehrte, und an sie alle seine Mittheilungen „über den Bau des Himmels" anknüpfte. Sein nächstes Bestreben ging nun dahin über die Entfernung und Vertheilung der Sterne Gesetze zu finden. Als Vorarbeit hiezu unternahm er es, die Sterne, die ihm seine Telescope zeigten, zu zählen. Es sind diese Bestrebungen unter dem Namen der Stern-Aichungen bekannt. Herschel führte sie in der Weise aus, daß er die in dem Gesichtsfelde seines Telescopes auf einmal sichtbaren Sterne zählte und nach der Größe dieses Gesichtsfeldes — d. h. nach dem Theile, den es vom Himmel auf einmal zeigte — die Summa der Sterne an den Himmelsräumen fand, die gleich viel Sterne im Gesichtsfelde der Schätzung nach erkennen ließen. Indem er so von den sternreichsten zu den sternärmeren Regionen fortschritt und immer die Menge, der aus diesen verschiedenen Zonen auf einmal im Gesichtsfelde sich zeigenden Sterne zählte, brauchte er nur die Anzahl der Gesichtsfelder, welche eine solche Zone in seinem Telescope erfüllte, zu kennen, um die Gesammtsumme je einer Zone und daraus die aller Zonen zu finden. Gewöhnlich zählte Herschel in einer Zone, wenn die Sterne nicht sehr dicht waren, 10 Felder und nahm das Mittel aus denselben. Um sich einen Begriff von dieser ungeheueren Arbeit zu machen, diene das, daß nach den Mittheilungen in der Abhandlung von 1785 On the construction of the heavens bis dahin Herschel 2221 Felder und in diesen 38239 Sterne wirklich gezählt hatte!

[10]) zu S. 269. Herschel hatte die Doppelsterne nach ihren scheinbaren Entfernungen in verschiedene Klassen eingetheilt, deren erste die Sterne — 4" scheinbarer Distanz, die zweite — 8", die dritte — 16" u. s. f. enthielt. Struve theilte sie in 8 Klassen nach demselben Principe, doch enthielt seine letzte Klasse nur solche, die 32" scheinbaren Abstand haben. Ist der eine der Sterne etwas heller, als der andere, so möchte 6 Minuten Distanz der beiden Sterne die geringste sein, in welcher das bloße Auge noch beide gesondert erblicken würde. — Auffallend ist bei den Doppelsternen das Vorkommen verschiedener Farben. Nach Struve waren unter 596 in dieser Beziehung genauer untersuchten Doppelsternen 375 von gleicher Farbe des Haupt- und Nebensternes und zwar 295 von diesen weiß, weißgelb bis gelb 73, goldfarbig 2, grün 5. 101 Paare waren verschiedenfarbig aber von nicht contrastirenden Farben, meist weiß und gelb, oder weiß und blau, oder beide von verschiedenen Tönen derselben Farbe. 120 Paare zeigten ganz verschiedene Farben, nämlich gelb und blau 52, gelb und bräunlich 52, grün und blau 16. Unter den als blau aufgeführten finden sich einige purpurfarbne, und ebenso unter den gelben einige röthliche. — Die scheinbare Größe der Doppelsterne ist sehr verschieden; manchmal ist die Differenz sehr bedeutend, so daß der eine telescopisch bis zwölfter Größe ist, der andere zwischen zweiter und dritter Größe, z. B. bei dem Doppelsterne ζ des Perseus, wo der Hauptstern zwischen 2ter und 3ter, der Nebenstern zwischen 9ter und 10ter Größe ist. Oft sind aber auch beide Sterne fast gleich groß, was häufiger unter den weniger hellen vorkommt, doch ist z. B. der Doppelstern ζ Bootis aus zwei Sternen 3,5 und 3,9 Größe zusammengesetzt. Im Allgemeinen kommen unter den helleren Sternen relativ mehr Doppelsterne vor; nach Struve finden sich unter je 100 Sternen 1—3ter Größe 18 Doppelsterne, 4—5ter Größe 13 Doppelsterne, 6—7ter Größe 8 Doppelsterne. Was ihre Bewegungen betrifft, so ist erst bei wenigen dieselbe so lange und so genau

beobachtet worden, daß man eine genaue, zuverlässige Darstellung derselben geben kann. Bei vielen ist es nun erwiesen, daß sie nach den Gesetzen der Gravitation, wie sie in unserem Planetensysteme herrscht, um einander oder um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt Bahnen beschreiben, die denen der Planeten ähnlich sind; die Keplerischen Gesetze geben auch hier das Mittel an die Hand, um zu prüfen, ob wirklich die Beobachtungen an den Doppelsternen nach dem Newtonischen Gesetze der Schwere erfolgen. Bei mehrfachen Sternen, wo zwei oder mehrere sich um einen Hauptstern bewegen, hat man Gelegenheit, das dritte Keplerische Gesetz über das Verhältniß der Umlaufszeiten und der Entfernungen zu erproben und nach Kap. XI. dadurch ein Mittel, über die Masse des Hauptsternes Untersuchungen anzustellen. — Wie im Text erwähnt wurde, haben sich auch die Keplerischen und Newtonischen Gesetze bei den am genauesten bis jetzt beobachteten Sternen bestätigt gefunden. Sie beschreiben Ellipsen, die zum Theil außerordentlich in die Länge gezogen, ähnlich unseren Kometenbahnen eine sehr bedeutende Excentricität besitzen, theilweise aber auch den Ellipsen einiger der Asteroiden gleich kommen. Die bedeutendste Excentricität, 0,88, hat der Doppelstern $\gamma$ der Jungfrau, die geringsten: Castor 0,219, dessen Beobachtung bei einer Umlaufszeit von 519 Jahren jedoch noch nicht den gewünschten Grad der Sicherheit hat, und eine noch geringere, aber ebenfalls noch nicht ganz sichere, nur 0,0375, hat $\tau$ im Schlangenträger. Die Umlaufszeit wechselt ebenfalls außerordentlich; bei den mit größerer Sicherheit bestimmten ist das Minimum bei $\zeta$ Herculis beobachtet, nämlich 30,22 Jahre, das Maximum bei Castor 519,77 Jahre. Als das genaueste, die sicherste Gewähr für die Gültigkeit der Newtonischen Gesetze bietende Beispiel führt Mädler $\xi$ im großen Bären auf. Seine Umlaufszeit ist 61,30 Jahre, seine Excentricität 0,4037; die halbe große Achse seiner Ellipse beträgt 2″,295. Wenn die in der kurzen Reihe von Jahren, welche Struve beobachten konnte, an sehr vielen Doppelsternen wahrgenommene Bewegung eine wahre mittlere derselben wäre, in derselben Größe anhielte, so würden viele Doppelsterne einen Umlauf erst nach Jahrtausenden vollenden, $\vartheta$ Serpentis selbst 17000 Jahre brauchen. — Von den mehrfachen Sternen sind zwei Beispiele genauer bekannt und beobachtet, in denen sich zwei Sterne in verschiedener Entfernung um einen Hauptstern drehen, nämlich $\zeta$ im Krebs und $\xi$ der Wage. Bei beiden ist die Bewegung des entfernteren Sternes eine außerordentlich langsame, so daß ein voller Umlauf bei ersterem nach circa 600, bei dem zweiten nach circa 1400 Jahren eintreten würde, wenn die geringen, bis jetzt zu beobachtenden Fortbewegungen uns ebenfalls ihre wahre mittlere Schnelligkeit erkennen lassen. Bei beiden ist sie etwas mehr als 10mal langsamer, als die ihres inneren, denselben Hauptstern umkreisenden Mitnebensternes. „Hat man aber einmal die wahre und dem Attractionsgesetze entsprechende Bahn eines Begleiters gefunden, so kann man aus der Umlaufszeit und der (in Bogensecunden angegebenen) halben großen Achse ein Product finden, in welchem die Parallaxe und die Kubikwurzeln der Masse die Factoren bilden", die Masse unserer Sonne als Einheit genommen. (Cfr. Anm. zu Kap. XI.) Es geschieht dies in ähnlicher Weise, wie Kap. XI. aus Vergleichungen der Entfernungen und Umlaufszeiten der Jupitersmonde und der Erdmonde das Verhältniß der Jupitersmasse zur Erdmasse gefunden wurde *). Kennt man die Parallaxe, so kann man daraus, unter Voraussetzung der Keplerischen Gesetze, die Masse jener Hauptsterne annähernd finden. Und nimmt man, wo die Parallaxe nicht bekannt ist, wie dies bei den meisten Doppelsternen ihrer Kleinheit wegen der Fall ist, die Masse des Doppelsternes mit der unserer Sonne gleich an, so kann man daraus ihre Parallaxe unter jener Voraussetzung finden. Bessel hat so für den Doppelstern 61 im Schwan gefunden, daß seine Masse ziemlich gleich der unserer Sonne sein müsse. Damit wissen wir aber durchaus nichts über ihre Größe und über ihre Dichtigkeit. Sind jene Sterne dichter oder weniger dicht als unsere

*) Die Angaben über die Doppelsterne sind nach Mädler „populäre Astronomie" 4. Aufl. p. 474—547.

Sonne? Darüber würden wir erst etwas wissen, wenn uns etwas über ihre Größe, ihr Volumen, bekannt wäre; über diese werden wir aber erst dann etwas erfahren, wenn uns einmal ein sicherer Anhaltspunkt zur Bestimmung ihres scheinbaren Durchmessers bei bekannter Entfernung gegeben ist.

11) zu S. 271. Auch in Beziehung auf die Nebelflecke war W. Herschel der Erste, der Genaueres darüber beobachtete; seine mächtigen Werkzeuge lösten früher unauflösliche Nebelflecke auf und zeigten eine große Menge neuer am Himmel, sowie er auch die verschiedenen Formen derselben besser unterscheiden lehrte. Nach ihm war es sein Sohn und in der neuesten Zeit Lord Rosse, der mit seinem, das Herschel'sche weit übertreffenden, Riesenteleskope hauptsächlich die Untersuchung dieser Gebilde zu seiner Hauptaufgabe gemacht hat.

12) zu S. 273. Herschel selbst erkannte gar wohl, daß die seinen Berechnungen im Allgemeinen zur Grundlage dienenden Voraussetzungen von der gleichen Austheilung der Sterne im Raume nicht ausnahmslos gelte. Er nahm daher später einen gewissen Raum für jeden Stern an, aus dem sich aber einzelne Sterne durch gegenseitige Attraction näher aneinander zu Gruppen vereinigt hätten und daß so sternreichere und sternärmere Gegenden in der Wirklichkeit entstehen mußten. Wir haben oben die Gründe angegeben, die ihm Entfernung und Helligkeit in einem gewissen Verhältnisse zu einander stehend annehmen ließen; die Betrachtung der auflöslichen Nebelflecke zu Sternhaufen bestätigte ihm durch ziemlich gleiche Helligkeit und Größe und die sich offenbarende gleichmäßige Vertheilung der Sterne in diesen Sternensystemen seine Voraussetzungen über die Größe und Vertheilung der Sterne in unserer Weltinsel.

13) zu S. 274. Wenn man einen Lichtstrahl auf einen Spiegel fallen läßt und in der gehörigen Richtung beim Austreten betrachtet, ist man mit dem Auge nicht im Stande, eine Veränderung in demselben wahrzunehmen, er wird in allen Lagen des Spiegels zurückgeworfen. Er ist aber wesentlich in gewissen Eigenschaften verändert; der einzelne Lichtstrahl, der sich vor der Spiegelung nach allen Seiten hin gleich verhielt, hat nun verschiedenes Verhalten nach verschiedenen Seiten, er ist „polarisirt." Er zeigt sich dies sehr deutlich, wenn man den einmal gespiegelten Strahl unter einem bestimmten Winkel auf einen zweiten Spiegel fallen läßt. Er wird jetzt nicht mehr in allen Lagen des Spiegels reflectirt, sondern nur in einigen, bei gewissen Stellungen des Spiegels verlöscht er, d. h. er wird nicht mehr gesehen. In ähnlicher Weise wird ein durch Reflexion polarisirter Lichtstrahl durch gewisse Krystalle in bestimmten Richtungen betrachtet, ebenfalls nicht gesehen. Unsere Planeten, der Mond ꝛc. haben nur gespiegeltes Licht, das Licht, welches sie erhalten, rührt von der Sonne her, ist zurückgeworfen und dadurch polarisirt. Betrachtet man diese Körper durch einen jener die Polarisation anzeigenden Krystalle, so erscheinen sie dunkel, ihr Licht verschwindet. Die Fixsterne aber, durch einen derartigen Apparat betrachtet, bleiben gleich hell, wie unsere Sonne auch; daraus folgt also, daß sie kein polarisirtes, kein nur zurückgeworfenes fremdes Licht, sondern eigenes besitzen.

14) zu S. 274. Zu den allerwunderbarsten Erscheinungen gehören die neu erschienenen, d. h. vorher nicht sichtbar gewesenen Sterne. In den letzten 200 Jahren sind nach A. v. Humboldt's Zusammenstellung nur 22 derartige Fälle bekannt. Der letzte Fall der Art ereignete sich 1848, wo ein Stern fünfter Größe im Schlangenträger erschien. Er ist 1850 jedoch schon elfter, also telescopischer Größe und dem Unsichtbarwerden nahe gewesen. Unter den veränderlichen Sternen giebt es ziemlich viele, welche eine periodische regelmäßige Lichtabnahme zeigen, die vom Unsichtbarwerden bis zur bedeutenden Helligkeit, selbst zweiter Größe, wechselt. Argelander führt 22 auf, deren Periode genauer bestimmt ist. (Kosmos III. p. 243.) Sie wechselt von 2 Tagen 20 Stunden 49 Minuten, in welcher Periode β des Perseus von 2,3 Größe zu vierter Größe wird, bis zu 495 Tagen, innerhalb welcher der Stern 30 der Hydra von 5—4. Größe unsichtbar wird. Länge der Periode des Lichtwechsels und Größe der Lichtverminderung stehen in keinem bestimmten Verhältnisse zu einander. Andere haben keine solche regelmäßigen Perioden, sondern wechseln scheinbar unregel-

mäßig, oft langsamer, oft schneller ihren Glanz. Argelander glaubt bei vielen durch Annahme von doppelten der Dauer nach verschiedenen Perioden die scheinbare Unregelmäßigkeit doch auch zu einer regelmäßigen Veränderlichkeit machen zu können, für manche hat man wirklich solche Perioden in der Periode nachweisen können. — So interessant diese Erscheinungen auch sind, so wichtige Resultate sie auch über die Natur dieser Sterne und Lichtentwicklung überhaupt liefern mögen, so fehlt doch bis jetzt jeder Anhaltspunkt, um eine auch nur einigermaßen wahrscheinliche Erklärung davon geben zu können.

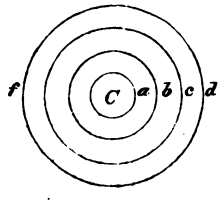
15) zu S. 276. In mittlerer Entfernung von uns hat Jupiters Scheibe etwa einen scheinbaren Durchmesser von 40". Man denke sich nun auf einem solchen Raume zusammengedrängt über 20 Millionen Sterne (so viele sind uns ungefähr in unserer Weltinsel mit dem 20füßigen Teleskope sichtbar, so kann man sich wohl leicht eine Vorstellung davon machen, welche Teleskope nöthig wären, um noch einzelne Sterne wahrnehmen zu können.

16) zu S. 277. In der Abhandlung von 1811 erwähnt Herschel ausführlich die Veränderungen, die er an dem großen Orionsnebel wahrgenommen hatte, den er wiederholt vom Jahre 1774—1811 beobachtete. Die Sterne, die man in diesem Nebel beobachtete, behielten ihre gegenseitige Lage und Stellung unverändert, doch hatte die Form des Nebels, namentlich die seiner armähnlichen Ausläufer, bedeutende Aenderungen erlitten. Herschel glaubte auch, daß die Sterne, namentlich die eigentlichen Nebelsterne, in solchen Nebeln nur scheinbar mit dem Nebel in Verbindung stünden. — Von anderen werden zwar derartige Veränderungen in Nebeln, als durch unvollkommene Beobachtung, sei es nun durch Schuld der Instrumente, sei es durch die des Beobachters, hervorgerufene dargestellt, und Verschiedenheit der Instrumente, verschiedener Zustand der Atmosphäre mögen wohl oft so zarten Objecten, wie die Nebel, verschiedenes Aussehen zu verschiedenen Zeiten verschaffen, und wirkliche Veränderungen sehr zweifelhaft machen. Wenn jedoch ein Beobachter, wie W. Herschel, nach 37jähriger Beobachtung eines Gegenstandes, ausspricht, daß bedeutende Veränderungen in demselben vorgegangen seien, und zwar derartige, die sich nicht wohl aus jenen Annahmen über den Einfluß der Instrumente und der Atmosphäre, die Herschel sehr wohl kannte, herleiten lassen, so muß man wenigstens die Möglichkeit derselben noch immer zugestehen. — Durch Lord Rosse's Teleskop ist zwar ein großer Theil dieses Nebels aufgelöst worden, doch ist die vollständige Auflösung desselben bis jetzt noch nicht gelungen; immer noch Nebelhaftes zurückgeblieben. Wegen der großen Wichtigkeit dieses Gegenstandes theilen wir einen Theil der Darstellung Herschel's aus der angeführten Abhandlung wörtlich mit: Als ich den Orionsnebel im Jahre 1774 betrachtete, nahm ich folgendes Memorandum: „Seine Gestalt ist nicht, wie in Herrn Smith's Zeichnung, wiewohl in etwas ähnlich, ungefähr wie in Fig. 37. Daraus läßt sich schließen, daß ohne Zweifel in der Region der Fixsterne Veränderungen vorgehen; vielleicht ließe sich aus einer sorgfältigen Beobachtung dieses leuchtenden Flecks in Betreff ihrer Natur etwas ausmitteln." Im Januar 1783 zeigte sich die Nebelgestalt viel anders, als im Jahre 1780, und im September hatte sie während der Zwischenzeit bereits wieder Veränderungen erlitten. (1801, 1806, 1810 beobachtete Herschel ebenfalls allmähliche Veränderungen [gradual changes] des Nebels.) Im März 1811: „In der Absicht, um solche auffallende Veränderungen in dem Zustande der Nebelmaterie zur Gewißheit und Verlässigkeit zu bringen, wählte ich ein Teleskop, welches dieselbe Lichtstärke und Vergrößerung hatte, wie das vor 37 Jahren gebrauchte, als ich die oben angeführte Zeichnung entwarf: die wechselseitige Lage der Sterne war dieselbe geblieben, aber die Anordnung des Nebels fand ich beträchtlich verschieden. Der nördliche Zweig N ist immer noch nahezu parallel mit der Richtung der Sterne a, b; aber der südliche Zweig S dehnt sich nicht mehr gegen den Stern d, seine Richtung geht nunmehr nach dem Sterne e, der sehr zart darein gehüllt ist. Auch die Gestalt dieses Zweiges ist verschieden, der Nebel im Parallel P, F, der 3 Sterne ist jetzt mehr als vormals gegen Osten hingerückt" u. s. w. — Auch Schröter

wollte zu Anfang dieses Jahrhunderts dergleichen Veränderungen in demselben Nebel wahrgenommen haben.

17) zu S. 283. Namentlich die Beobachtungen an Sirius und Procyon waren es, welche Bessel zu jener Annahme leiteten. Die Eigenbewegung derselben war nämlich so absonderlich, daß sie nur unter dieser Voraussetzung sich befriedigend erklären ließ. Nach Bessel's Tode wurde namentlich von Struve die Bessel'sche Theorie als überflüssig dargestellt. Mädler war unterdessen auf einen ähnlichen Fall bei wirklichen Doppelsternen in den Zwillingen gekommen, wo die Bewegung derselben nur durch Annahme eines dritten unsichtbaren Sternes befriedigend sich auflösen ließen. Endlich wurden 1850—51 ziemlich gleichzeitig von vier verschiedenen Seiten Untersuchungen veröffentlicht, welche die Bessel'sche Theorie bestätigten. Schubert, Peirce, Peters und Mädler hatten unabhängig von einander die Sterne Spica (in der Jungfrau), Sirius und Procyon in dieser Beziehung untersucht und die Bewegungen derselben so gefunden, daß sie nur mit Bessel's Theorie sich erklären ließen. Sehr interessant ist es, und sehr zu Gunsten jener Theorie sprechend, daß Schubert in Nordamerika und Peters in Königsberg ganz unabhängig von einander ihre Untersuchungen über Sirius anstellten, und beide zu demselben Resultate gelangten. Nach denselben bewegt sich Sirius um einen Punkt, der $2^1/_2$" scheinbare Entfernung von ihm hat, binnen 49—50 Jahren und zwar um einen Körper, der mindestens $^3/_5$ unserer Sonnenmasse hat, von dem wir gleichwohl nichts sehen! (Mädler, Nachträge zur 4. Aufl. seiner populären Astronomie. Berlin 1852. p. 16.)

18) zu S. 283. Wir geben hier in Kürze die Grundlagen der Mädler'schen Theorie über die Centralsonne, wie sie in seiner Schrift: „Die Centralsonne" und in der 4. Aufl. seiner „populären Astronomie" entwickelt sind. Versuchen wir eine ähnliche Anordnung, wie in unserem Sonnensysteme, für die Fixsterne und deren Bewegung anzunehmen, so finden wir bald, daß diese Annahme mit den Beobachtungen durchaus nicht übereinstimmt. Ein an Masse überwiegender, im Schwerpunkte sämmtlicher Sterne sich befindender Körper existirt nicht. Denn wäre dies der Fall, so würde nach den Keplerischen Gesetzen eine um so raschere Bewegung der Fixsterne um diesen Körper Statt finden, je näher sie ihr sind und die Schnelligkeit würde von dem einen Sterne aus, um den die schnellsten Bewegungen Statt finden, nach allen Seiten hin abnehmen. Damit stimmt aber die Beobachtung durchaus nicht überein. „Nehmen wir den entgegengesetzten Fall. Der Schwerpunkt soll masselos, oder er und seine nähere Umgegend nicht stärker, als alle übrigen Regionen der Fixsternwelt mit Massen erfüllt, diese also durch den ganzen sphärischen oder sphäroidischen Raum ganz oder nahezu gleich vertheilt sein." Alsdann werden gerade in der Nähe des Centralpunktes die langsamsten, in immer größerer Entfernung dagegen stets raschere Bewegungen erfolgen. Sind nämlich die Massen gleichmäßig vertheilt in dem Raum unserer Sterneninsel, den wir der Einfachheit wegen jetzt kugelig annehmen wollen, so bleiben auf jeden Stern nur diejenigen Massen wirksam anziehend, welche innerhalb des kugeligen Raumes liegen, der zwischen dem Stern und dem Mittelpunkte sich befindet, während sich die außerhalb gelegenen entfernteren in ihrer Wirkung auf diesen Punkt aufheben.




Denken wir uns einen Durchschnitt durch den ganzen Raum, in dem also die Sterne gleichmäßig vertheilt angenommen werden, so werden auf den Stern a nur die Massen merklich anziehend wirken, welche innerhalb des kugeligen Raumes vom Halbmesser Ca liegen, die übrigen heben sich in ihrer Wirkung auf, da sie nach entgegengesetzten Seiten wirken, ihn nach d, aber auch nach f ziehen u. s. f. Auf b wirken nur alle in der Kugel vom Umfang Cb liegende Massen u. s. f. Man sieht aber leicht, daß bei einer solchen Anordnung der Punkt b von mehr Massen wirksam angezogen wird,

als a, c von mehr als b, d von allen. Da nun die Stärke der Bewegung mit der Stärke der Anziehung wächst (s. Kap. XI.), so werden bei einer solchen Anordnung die dem Mittelpunkte ferneren Sterne sich rascher bewegen, als die näheren. Findet sich nun durch die Beobachtung wirklich am Himmel nachweisbar ein Punkt, um den herum sich die näheren Sterne alle langsamer, die entfernteren stärker bewegen, so wird jene Vorstellung wohl die richtige sein. Wir haben schon erwähnt, wie Mädler durch die aus älteren Untersuchungen über den Bau unserer Weltinsel hervorgegangenen Resultate für unsere Sonne die Plejaden und zwar Alcyone als Centralpunkt angenommen hat. Er hat nun sämmtliche Fixsterne um die Plejaden herum in Beziehung auf ihre Eigenbewegung untersucht und das Resultat, welches er aus 800 verschiedenen Sternen gewonnen hat, ist das, daß wirklich die der Alcyone zunächst stehenden Sterne viel langsamere, die ferneren viel raschere Bewegung zeigen. Indem er sämmtliche Sterne, von denen Bradley 1755 genaue Stellungsangaben aufgezeichnet hatte, mit späteren Angaben und ihrer jetzigen verglich, fand er folgende Resultate, in denen er nach ihren Abständen von Alcyone die Sterne in bestimmte Klassen eintheilte. Er sagt p. 38: „Was die Stärke der Bewegungen betrifft, so zeigt sich die größte

| | | | |
|---|---|---|---|
| in der Plejadengruppe | bei Plejone | 9″ | im Jahrhundert |
| bis zu 10° Abstand | 39 Tauri | 26″ | „ |
| 10—15° „ | $\rho^3$ Arietis | 33″ | „ |
| 15—20° „ | 104 Tauri | 61″ | „ |
| 20—30° „ | $\delta$ Trianguli | 111″ | „ |

und weiterhin immer stärkere.“ — Die stärksten eigenen Bewegungen aber wird man in der Nähe des um Alcyone als Pol beschriebenen größten Kreises zu suchen haben und wir finden in der That

| | | | |
|---|---|---|---|
| 84° Abstand | 61 Cygni | 514″ | im Jahrhundert |
| 92° „ | 1830 Groombridge | 697″ | „ |

als die bedeutendsten der bisher bekannten Eigenbewegungen.“ Weitere und länger fortgesetzte Untersuchungen werden auch darüber genauern Aufschluß verschaffen, ob wirklich die Plejadengruppe einen Mittelpunkt für sämmtliche Sterne, auch die entferntesten in der Milchstraße, bildet, über deren eigene Bewegung bis jetzt noch nichts Bestimmtes ermittelt worden ist, die also eine Prüfung der Mädler'schen Anschauung durch ihre Bewegung noch nicht möglich gemacht haben.

# Dreizehntes Kapitel.

La Place's Theorie über die Entstehung unseres Sonnensystems. Sie widerspricht nicht den Gesetzen der Mechanik und nicht denen der Physik. Die Masse unseres Sonnensystems konnte in gasförmigem Zustande sein; sie reicht hin, um eine Kugel von dem Durchmesser desselben im gasförmigen Zustande zu erfüllen. Erscheinungen, welche dieselbe wahrscheinlich machen.

Wir kehren aus den nächtlichen Fernen des unendlichen Raumes, den wir im vorigen Kapitel durchwandert haben, zu unserem Sonnensysteme zurück; mit erweiterter Anschauung suchen wir die Erfahrungen, die wir auf jener Reise gesammelt, zur Erklärung mancher Erscheinungen in diesem anzuwenden. Sie dienen uns zunächst dazu, eine Hypothese über die Uranfänge und die Entwicklung unseres Sonnensystemes zu stützen, die von dem berühmten Verfasser der „Mechanik des Himmels", La Place, aufgestellt und wissenschaftlich begründet wurde, so weit dieses damals möglich war; eine Hypothese, vor der wir nur dann weder erschrecken noch lächelnd zurücktreten, die wir nur dann weder vermessen noch wahnwitzig nennen, wenn wir eben jene erweiterte Anschauung aus den Forschungen der Astronomen über die Fixsternwelt uns zu eigen gemacht haben. Wir sprechen dieselbe jetzt kurz aus; sie lautet also: Unser ganzes Sonnensystem mit allen seinen Gliedern bildete auf seiner frühesten Entwicklungsstufe eine ungeheuere Dunstmasse, aus der sich erst nach und nach die einzelnen zu demselben gehörigen Gebilde zu selbständigen isolirten Massen absonderten.

Die einzelnen Phasen und Stufen dieser Entwicklung waren nun nach La Place folgende: Nach den Gesetzen der Schwere mußte die Masse, aus der unser Sonnensystem sich bildete, so wie es aus beweglichen Theilchen bestand, wie dies ja bei einer Dunstmasse der Fall ist, eine Kugelgestalt annehmen. Diese Kugel

erhielt nun durch eine, nicht in ihr selbst liegende, Macht eine Achsendrehung in der Richtung von West nach Ost. In Folge dieser Bewegung mußte nun zweierlei eintreten; erstens: eine Abplattung der Kugel an den Polen; zweitens: eine Anschwellung und Auftreibung in der Aequatorialgegend derselben.

Es hängt, wie wir Kap. II. sahen, die Abplattung von dem Verhältniß der Centrifugalkraft zur Schwerkraft ab. War die erstere in jener großen Dunstkugel sehr ansehnlich im Verhältniß zur letzteren, so läßt sich leicht zeigen, daß bei gleichzeitig fortschreitender Verdichtung und Zusammenziehung der Dunstmasse sich ein vollkommen frei schwebender rotirender Ring in der Gegend des Aequators jener Kugel loslösen mußte, eine Ringbildung, wie wir sie an dem Saturn im kleineren Maßstabe vor uns sehen. Die Mechanik zeigt ferner, daß jeder solche Ring, so wie seine Dichtigkeit an verschiedenen Stellen eine verschiedene war, sein Zusammenhang in Folge der Zusammenziehung an einer oder mehreren Stellen unterbrochen, ein Riß durch ihn an irgend einer Stelle hindurchging, wenn die Masse desselben noch einige Beweglichkeit besaß, zu einer ebenfalls von West nach Ost um den Centralkörper kreisenden und in derselben Richtung um ihre Achse rotirenden Kugel sich bilden, oder, zerfiel der Ring in mehrere Stücke, zu mehreren Kugeln sich ballen mußte. An diesen selbständigen Kugeln, den Planeten, konnte sich nun derselbe Proceß wiederholen, Abplattung und Ringbildung, Umwandlung des Ringes zu Kugeln, zu Trabanten, wie wir sie an mehreren Planeten wahrnehmen [1]).

La Place nahm bei dieser Theorie nur auf die Planeten Rücksicht, Mädler wendet sie auch auf die Kometen an. Nach ihm bestehen dieselben aus einer Masse, die einer so außerordentlichen Verdichtung, wie sie die Planeten erfuhren, nicht fähig war, und indem sich die Planetenmasse von ihnen loslöste, nicht nur in der Aequatorialgegend, sondern auch an anderen Punkten jener Urmasse sich bildeten und daher auch ganz andere Bahnverhältnisse als die Planeten darbieten. Wir haben oben, zu Ende des XI. Kap., gesehen, wie unbegreiflich fein nnd wenig dicht die Masse der Kometen ist, und insoferne mag auf manche derselben diese Theorie angewandt werden, wiewohl bei dem noch mangelhaften Stande unseres Wissens in Beziehung auf die Frage, ob alle Kometen

wirkliche Bürger unseres Sonnensystemes sind, und von jeher waren, diese Annahme nicht mit dem Grade von Vertrauen, welchen sie für die Planetenentstehung beanspruchen mag, auf die Kometen angewandt werden kann.

Wenn von Seiten der Mechanik dieser Theorie keinerlei Schwierigkeiten erwachsen, im Gegentheil Berechnung und Beobachtung mit einander in befriedigender Uebereinstimmung stehen, so fragt es sich, ob nicht von einer andern Seite physikalische Bedenken derselben entgegenstehen, die sich erheben, wenn wir den Zustand der Massen, wie sie jetzt sich zeigen, vergleichen mit dem, welchen sie haben mußten, um jene ungeheuere Dunstkugel zu bilden. Zweierlei Bedenken kann man hierbei erheben:

1) Ist es möglich, daß die Stoffe, welche wir in unserem Sonnensysteme antreffen, in Dunstform sein konnten, und

2) ist es möglich, daß sie einen so ungeheueren Raum, eine Kugel von dem Durchmesser unseres Sonnensystemes, in dieser Dampfform ausfüllen konnten?

Wir können auf diese beiden Fragen nur innerhalb gewisser Grenzen eine bestimmte Antwort geben, indem wir nur das Verhalten der Stoffe, welche unsere Erde bilden, in dieser Beziehung prüfen können. Von den Eigenschaften der Substanzen, aus welchen die übrigen Himmelskörper bestehen, wissen wir so viel wie nichts, da uns außer ihrer Dichtigkeit nur von wenigen durch die telescopische Beobachtung andere Eigenschaften ihrer Masse bekannt sind [2]).

Die Stoffe, welche wir auf der Erde antreffen und die Eigenschaften, welche wir an ihnen wahrnehmen, lassen nun allerdings die Möglichkeit jener Annahme zu. Wenn es uns auch noch nicht gelungen ist, wirklich alle Stoffe, die wir auf der Erde finden, mit den uns zu Gebote stehenden Hülfsmitteln zu verflüchtigen und aus dem festen in den dampfförmigen Zustand zu versetzen, so hat doch mit der Steigerung dieser Hülfsmittel die Zahl jener nicht schmelzbaren Körper immer mehr abgenommen und es gilt gegenwärtig als eine allgemeine Annahme, daß wohl kein irdischer Stoff existire, der nicht in Dampfform gebracht werden, und ebenso umgekehrt, daß kein dunst- oder gasförmiger Körper, wie z. B. unsere Luft, existire, der nicht in den flüssigen und festen Zustand versetzt werden könne.

Diese drei verschiedenen Zustände, der feste, flüssige und gasige,

unter welchen allein die Theile einer Masse uns erscheinen können, die man als „Aggregatzustände" bezeichnet, treten bei den verschiedenen Stoffen oft alle drei unter gewöhnlichen Verhältnissen auf, andere lassen nur mit der größten Mühe sich aus dem einen in den anderen versetzen [3]). Eines der gewöhnlichsten Beispiele für den ersteren Fall liefert das Wasser, das als Eis, als Wasser und Wasserdampf gleichzeitig in sehr großer Menge auf der Erde vorhanden ist, und leicht aus einem in den anderen Zustand übergeht.

Wir wissen, wie schon erwähnt wurde, nichts von dem Verhalten der Stoffe, welche sich auf den übrigen Planeten befinden, und wir können daher auch nur durch eine Uebertragung der auf der Erde gemachten Erfahrung auf die übrigen Planeten und die Sonne die Möglichkeit, daß auch ihre Masse sich in Dunstform verwandeln könne, und früher in Dunstform bestehen konnte, behaupten. La Place's Theorie erfährt von dieser Seite her wenigstens keinen Widerspruch; nach Allem, was wir über das Verhalten der Stoffe unseres Sonnensystemes wissen, können wir die Möglichkeit derselben zugestehen, ohne jedoch hierin einen Beweis für ihre Wirklichkeit oder Wahrscheinlichkeit finden zu wollen.

Die zweite Frage war die: ob eine derartige Ausdehnung jener dunstartigen Massen möglich oder denkbar ist, daß sie den ungeheueren Raum, den das Sonnensystem nach jener Theorie einnehmen mußte, auch wirklich mit Dunst erfüllen konnten? Es läßt sich leicht berechnen, daß die Dichte dieses Dunstes dann allerdings außerordentlich gering und daß er von der größten Feinheit gewesen sein muß, jedoch noch immer einen meßbaren Grad der Dichte haben konnte, noch lange nicht einer mäßigen Verdünnung unserer Homöopathen gleich kam. Wir wollen zunächst die Sonne in dieser Beziehung allein betrachten. Ihr Durchmesser beträgt 192700 geogr. Meilen; ihre Masse ist 1,37 dichter, als die des Wassers. Nehmen wir nun an, die jetzige Sonne habe früher bis zu der Neptunsbahn hinaus, 621 Millionen Meilen, den ganzen Raum erfüllt, also eine Dunstkugel von 2mal 621 Millionen Meilen im Durchmesser gebildet, so war ihr Durchmesser 6244 mal, der körperliche Inhalt dagegen $6244 \times 6244 \times 6244$, d. h. circa 26000 Millionen mal größer als jetzt (genauer 25,942,173184). In demselben Verhältnisse mußte natürlich auch die Dichte abnehmen, also auch um das 26000 Millionenfache geringer sein. Die Dich-

tigkeit der Sonne ist 1,37 mal so groß, als die des Wassers, das wiederum 773,28 mal dichter als Luft bei 0° Temperatur und 28 Zoll Barometerhöhe ist. Die Masse der Sonne ist also 1059 mal dichter als Luft. Bei jener Ausdehnung über den Raum des ganzen Planetensystemes wäre daher die Dichtigkeit dieser Masse fast um das 25 Millionenfache geringer gewesen, als die unserer atmosphärischen Luft an dem Meeresspiegel, von derselben Feinheit, wie sie unserer Atmosphäre in einer Höhe von circa 18—20 geogr. Meilen über der Meeresfläche zukommt. In dem Raume eines Kubikmeters würde sich dann ungefähr $^1/_{20}$ Milligramme Dampf befunden haben.

So erstaunlich gering auch diese Dichtigkeit ist, so unglaublich sie erscheint, so verschwindend klein und unmeßbar für unsere Instrumente, so ist sie doch bei weitem noch nicht so gering, als diejenige von manchen Körpern im gasartigen Zustande, die wir vergebens mit irgend einem Instrumente nachzuweisen suchen würden, deren Vorhandensein wir aber durch die bewundernswürdige Einrichtung und Feinheit unseres Geruchsinnes noch deutlich wahrnehmen können. Jeder weiß aus Erfahrung, wie rasch selbst ein größerer Raum, z. B. ein ganzes Zimmer, von einem Riechstoffe durchdrungen wird, der sich überall hin gleichmäßig in dem ganzen Raume verbreitet, und an allen Punkten desselben durch den Geruch nachgewiesen werden kann. Versuche, die der berühmte Physiologe Valentin mit Moschus angestellt hat, ergaben, daß in einer Minute noch etwas weniger als $^1/_{166666}$ Milligramme von demselben sich in der Luft verbreitet. Würde daher in einer Minute selbst nicht mehr als ein Kubikmeter um den Moschus herum von seiner Ausdünstung angefüllt, d. h. würde man ihn auch nur bis zu einer Entfernung von 1 Meter, also etwas über 3 Fuß weit, riechen, so würde in diesem Raume sich noch 8000 mal weniger Moschus befinden, als wir nach unserer Berechnung in einem gleich großen Raume unseres Sonnensystemes von der Sonnenmasse antreffen würden, wenn sie in der besprochenen Weise ausgedehnt würde.

Wir haben bei unseren Berechnungen die Sonnenmasse als allein vorhanden angenommen und gefunden, daß auch von Seiten der Physik die Möglichkeit zugestanden werden muß, daß ein so großer Raum, wie eine Kugel von dem Durchmesser unseres Son-

nensystemes, in früheren Perioden eine ungeheuere Dunstkugel gebildet habe, aus der sich nach und nach die Planeten mit ihren Trabanten und der Sonne aussonderten. Die Zahlen, welche wir für die Dichtigkeit dieser Dunstmasse fanden, werden nur um wenig verändert, wenn wir die Masse der Planeten mit in Rechnung bringen, weil die Sonne sämmtliche Planeten zusammengenommen 738 mal an Masse übertrifft. Wir können dieselben also wohl bei dieser Rechnung außer Acht lassen; sie erhöhten die Dichtigkeit jener ungeheueren Dunstkugel nur um einen sehr kleinen Bruchtheil.

Wenn wir auf diese Weise gefunden haben, daß weder von Seiten der Mechanik, noch der Physik gegen jene Theorie von La Place ein gegründeter Einwand sich erheben kann, so haben wir damit nur die Möglichkeit derselben erwiesen; zur Wahrscheinlichkeit wird sie dadurch erhoben, daß eine ganze Reihe von Erscheinungen und Thatsachen durch sie eine höchst einfache Erklärung finden, die außerdem unerklärbar bleiben würden und eben diese Erscheinungen haben jenen genialen und bewundernswürdig großen Rechner zur Aufstellung jener Theorie geführt, zu denen sich noch mehrere vor ihm unbekannte in der neueren Zeit gesellt haben, welche sich ebenfalls mit derselben sehr wohl vereinigen lassen. Diese Erscheinungen sind kurz angegeben folgende:

1) Die Bahnen sämmtlicher Planeten fallen ziemlich genau in ein und dieselbe Ebene, welche durch den Mittelpunkt der Sonne hindurchgeht, in die Ebene der Ekliptik.

2) Alle Planeten bewegen sich ohne Ausnahme in derselben Richtung von West nach Ost um die Sonne und drehen sich ebenso in derselben Richtung um ihre Achse.

3) Die Bahnen der Trabanten fallen mit den Bahnen ihrer Planeten zusammen und auch sie bewegen sich in derselben Richtung.

4) Auch die Sonne dreht sich in gleicher Weise um ihre Achse.

Diese vier Erscheinungen ergeben sich als nothwendige Folgen aus jener einen Annahme, daß früher sämmtliche Planeten und Trabanten mit der Sonne eine Dunstkugel gebildet habe, welche in derselben Richtung wie jetzt die Sonne um ihre Achse und die Planeten um diese sich bewegen, um ihre Achse, die mit der jetzigen Sonnenachse einerlei Richtung hatte, rotirte. Ohne diese Theorie muß man diese Erscheinungen als rein zufällige ansehen; eine andere gemeinschaftliche Ursache dafür läßt sich

nicht auffinden. Es fällt nämlich jene Ebene, innerhalb welcher sich die Planeten bewegen, mit der Aequatorialebene jener uranfänglichen Dunstkugel zusammen. Der erste sich von jener loslösende Ring trennte sich in der Aequatorialgegend ab und bildete den ersten äußersten Planeten, dessen Masse sich nach den Gesetzen der Mechanik in derselben Ebene und nach derselben Seite wie früher bewegen mußte, als er noch als Aequatorialanschwellung jener Kugel vorhanden war, der auch in derselben Richtung um seine Achse sich drehen mußte. Ganz dasselbe fand natürlich auch bei wiederholter Ring- und Planetenbildung Statt, auch diese mußte wiederum in der Aequatorialgegend jener bereits kleiner gewordenen Kugel eintreten. So lange überhaupt die Achse jener Kugel eine unveränderte Lage im Raume beibehielt [4]), mußten auch alle jene von ihr sich loslösenden Gebilde in der Aequatorialebene derselben entstehen und sich bewegen. Die Anschwellung um den Aequator mußte natürlich zu beiden Seiten desselben eine mehr oder weniger breite Zone bilden, der sich loslösende Ring daher auch mehr oder weniger breit sein und je nach Verschiedenheit der ihn zusammensetzenden Theile und deren Cohäsion ist es leicht erklärlich, daß die Lostrennung desselben nicht mathematisch genau in der Ebene des Aequators erfolgte, sondern mehr oder weniger von ihm entfernt. Es lassen sich auf diese Weise die kleinen Winkel erklären, welche die Ebenen der einzelnen Planetenbahnen mit der Ebene unserer Erdbahn machen. Nehmen wir die Ekliptik als Grundebene für die Betrachtung der Lage der Ebenen der Planetenbahnen und der Sonne im Raume an, so erhalten wir für die Hauptplaneten folgende Zahlen, die hier tabellarisch mit den Rotationsverhältnissen, der Abplattung und der Neigung der Achse gegen die Bahnen zusammengestellt sind.

| | Neigung der Bahnen gegen die Ekliptik. | Neigung der Achsen gegen ihre Bahnen. | Rotationszeit. (Länge des Tages.) | Abplattung |
|---|---|---|---|---|
| Mercur | 7° 0′ 5,9″ | — | 0 T. 24 St. 5′ (?) | 0 |
| Venus | 3° 23′ 28,5″ | — | 23 St. 21′ 21,93″ | 0 |
| Erde | — — — | 66° 32′ | 0 T. 23 St. 56′ 4″ | $^1/_{299}$ |
| Mars | 1° 51′ 6,2″ | 61° 18′ | 1 T. 0 St. 37′ 20″ | $^1/_{32}$ |
| Jupiter | 1° 18′ 51,6″ | 86° 54′ | 0 T. 9 St. 55′ 27″ | $^1/_{18,7}$—$^1/_{21,6}$ |
| Saturn | 2° 29′ 35,9″ | 28° 40′ | 0 T. 10 St. 29′ 17″ | $^1/_{10,2}$ |
| Uranus | 0° 46′ 28″ | fast Null. | ? | $^1/_{10,7}$—$^1/_{9,9}$ |
| Neptun | 1° 47′ | | ? | |
| Sonnenäquator | 7° 9′ | | 25 T. 8 St. 9 M. | |

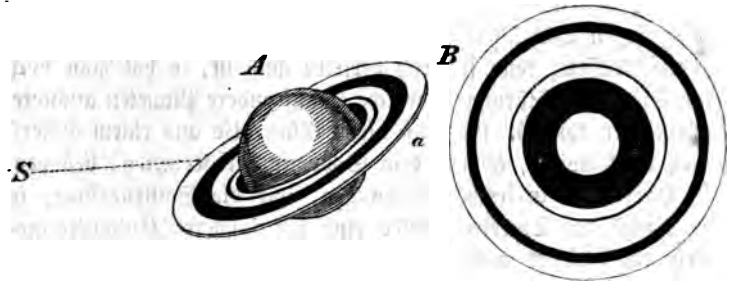
Sehen wir von dem der Sonne nächsten Planeten, dem Mercur, ab, der mit dem Sonnenäquator ziemlich gleiche Neigung hat, so zeigen sich die Winkel, welche die Bahnen der Planeten mit der Ekliptik machen, sehr gering, zwischen circa $^3/_4{}^\circ$ bis zu $3^1/_3{}^\circ$ schwankend. Eine Ausnahme hievon machen nur die s. g. Asteroiden, die kleinen zwischen Mars und Jupiter sich bewegenden Planeten, deren bis jetzt schon 31 aufgefunden wurden. Diese haben theilweise eine sehr bedeutende Neigung gegen die Ekliptik, von denen selbst Pallas eine von $34^\circ\ 37'$ hat, ihr am nächsten steht dann Egeria mit $16^\circ\ 33'$.

Sehr viele Erscheinungen sprechen dafür, daß ganz eigenthümliche, außergewöhnliche Verhältnisse bei der Bildung dieser Gruppe von Planeten Statt gefunden haben. Sie bieten nämlich Eigenthümlichkeiten dar, welche sonst an keinem Planeten wahrgenommen werden und sie in gewisser Beziehung den Kometen nahe bringen. Dahin gehört das Durcheinandergeschlungensein ihrer Bahnen, die große Excentricität und die starke Neigung derselben gegen die Ekliptik, die große Menge derselben von ziemlich gleicher Entfernung von der Sonne, ihre außerordentliche Kleinheit, — der größte derselben, Pallas, ist 34mal kleiner als unser Mond. — Alles dies leitete schon den Entdecker des zweiten Planeten aus dieser Gruppe, Olbers, auf die Vermuthung hin, daß die beiden damals bekannten Asteroiden „Fragmente eines einzigen, durch irgend eine Naturkraft zerstörten, vormals die weite Lücke zwischen Mars und Jupiter ausfüllenden großen Hauptplaneten seien, und man habe in derselben Region einen Zuwachs von ähnlichen Trümmern, die eine elliptische Bahn um die Sonne beschreiben, zu erwarten." (A. v. Humboldt's Kosmos III. p. 517.) Hat wirklich ein derartiges Ereigniß Statt gefunden, sind wirklich durch eine Explosion im Innern eines einfachen früheren Planeten aus diesem einen die Asteroiden entstanden, deren es wohl noch viele geben mag, welche uns ihrer Kleinheit wegen für immer verborgen bleiben werden, sind sie wirklich Trümmer eines zersprengten Planeten, so werden die Anomalien, welche sie darbieten, ihre stärkere Neigung gegen die Ekliptik, nichts Befremdendes mehr für uns haben, sie werden die Wahrscheinlichkeit jener Hypothese von La Place nicht verringern.

Eine Ausnahme von dem dritten der oben angegebenen Ge-

setze über die Richtung der Trabantenbewegung bilden die Trabanten des Uranus. Die Bahnen derselben machen einen Winkel von 78° 58′ mit der Ekliptik, stehen also fast senkrecht auf der Bahn des Uranus, ihre Neigung geht schon über die senkrechte hinaus, sie sind nach der entgegengesetzten Seite bereits wieder geneigt und erscheinen daher in der Richtung von Osten nach Westen sich um denselben zu bewegen. Bei der ungeheueren Entfernung und der großen Lichtschwäche dieser Monde — sie erschienen Herschel als die feinsten Lichtpunkte, die er je gesehen — haben die Beobachtungen über das Uranussystem noch nicht den Grad der Sicherheit erreicht, den wir für die näheren Planeten haben. Ist es wirklich der Fall, daß sich dieselben von Ost nach West bewegen, „so muß in den Dunstringen, die um den Uranus kreisten (aus denen die Monde entstanden) es sonderbare, uns unbekannte Verhältnisse der Retardation oder des Gegenstoßes gegeben haben, um genetisch eine solche der Rotation des Centralkörpers entgegengesetzte Richtung der Umlaufsbewegung in den Uranustrabanten hervorzurufen." (A. v. Humboldt.) Es ist dieses eigentlich die einzige Schwierigkeit, welche der Theorie von La Place erwächst, zu deren Erklärung oder Beseitigung wir allerdings auf unbekannte Störungen uns berufen müssen. Wie viel und wie wenig Gewicht man denselben beilegen will, muß dem Ermessen jedes Einzelnen überlassen bleiben, absolut unvereinbar mit jener Theorie ist sie nicht, und es kommt also darauf an, wie viel Gewicht Jeder auf die Erscheinungen legen will, welche für jene Theorie sprechen.

Außer dem bisher Erwähnten können wir für dieselbe noch die Erscheinung der Saturnsringe und das Zodiacallicht anführen. Saturn ist nämlich von ringartigen Massen umgeben, welche in der Gegend seines Aequators frei schwebend um denselben in der nämlichen Richtung, wie dieser selbst, sich bewegen. Fig. A giebt eine Seitenansicht (in der Richtung S befindet sich die Sonne, Sa die Richtung der großen Achse seiner Bahn), Fig. B eine Ansicht desselben wie sie senkrecht über dem Pole des Saturn erscheinen würde.




Früher kannte man nur zwei Ringe, das Vorhandenſein eines dritten, äußerſt lichtſchwachen, zwiſchen dem Saturn und dem ihm nächſten länger bekannten iſt neuerdings von zwei Beobachtern (Bond und Dawes) behauptet worden. Er ſoll den dritten Theil des Raumes zwiſchen dem Saturn und dem nächſten Ringe einnehmen und nur durch eine ſchwarze Linie von letzterem getrennt erſcheinen *). Es zeigen uns dieſe nur am Saturn beobachteten Ringbildungen die Möglichkeit, daß ſolche ſelbſt lange beſtehen konnten, auf das allerſchönſte als wirklich; eben ſolche Ringe bildeten ſich früher um die Dunſtkugel des Sonnenſyſtemes und gaben Veranlaſſung zur Entſtehung der einzelnen Planeten. Daß ſie um den Saturn ſich erhalten haben, das beweiſt, daß die Maſſe derſelben homogen ſein mußte und nur bis zu einem gewiſſen Grade der Verdichtung fähig, ſo daß ſie ſich gleichmäßig zuſammenzog, verdichtete und dadurch vor einem Zerfahren in einzelne Theile und vor einer Umbildung zu einer kugeligen Maſſe geſchützt blieb. Nach den ſcharfſinnigen, auf analytiſche Berechnungen geſtützten Unterſuchungen zweier amerikaniſcher Aſtronomen, Bond und Peirce, beſtehen die Ringe aus flüſſigen Stoffen, und werden durch die Einwirkung der Maſſe des Planeten wie ſeiner Monde in ihrem Zuſtande wie in ihrer Lage erhalten.

In noch größerem Maßſtabe ſehen wir dieſe Ringbildung, die nach La Place alle Planeten auf einer früheren Entwickelungsſtufe durchgemacht haben, an der feinen Dunſtmaſſe, die ſich in lichtem Schimmer als ſ. g. Zodiacallicht zeigt und einen ebenfalls frei ſchwebenden ungeheueren Ring zwiſchen der Venus- und Marsbahn darſtellt [5]). An dieſem Ringe haben wir, wie an den

*) v. Humboldt, Kosmos III. 525.

Kometen, zugleich ein Beispiel von einer außerordentlichen Feinheit und geringen Dichtigkeit der in unserem Planetensysteme vorkommenden Massen; denn so groß derselbe auch ist, so hat man doch keine Spur von Störungen, welche er auf andere Planeten ausübte, wahrnehmen können. Es muß dieser Ring also aus einem äußerst zarten Lichtgewölke, ähnlich dem Schweife der Kometen, bestehen.

Haben wir in solchen Bildungen, wie die Saturnsringe, in dem Ringe des Thierkreislichtes eine der früheren Entwicklungsstufen der Glieder unseres Sonnensystemes noch fixirt vor uns, auf der diese stehen geblieben sind, während die anderen Planeten weitere Fortschritte, höhere Stufen der Entwicklung zeigen, so sehen wir denselben Zustand, wie ihn früher unser ganzes Sonnensystem nach La Place darstellte, in den entferntesten Regionen des Himmels noch jetzt vor Augen. Wir haben im XII. Kap. die s. g. Nebelmassen, die Nebelsterne und die s. g. planetarischen Nebel kennen gelernt, deren physische Constitution, so weit wir dieselbe namentlich für die regelmäßigen Nebel ergründen und erschließen können, eben der einer leuchtenden Dunstkugel von ungeheuerer Ausdehnung entspricht; wir haben auch dort als ringförmige Nebel Gebilde kennen gelernt, die uns ebenfalls als ein Beispiel für eine frühere Entwickelungsstufe unseres Sonnensystemes dienen können. Die Streitfrage, ob auch diese Gebilde selbst, ihrer großen Entfernung wegen, uns frühere eigene Zustände erkennen lassen und jetzt, da wir sie erblicken, bereits auf anderen Entwickelungsstufen angelangt sind, von denen wir ihrer großen Entfernung wegen noch nichts sehen können, ist für uns hier von untergeordneter Bedeutung; so gut wir in unserem eigenen Sonnensysteme ein Stehengebliebensein auf früheren Stadien an den Saturnsringen und dem Zodiacallichte erblicken, so mögen vielleicht auch jene Gebilde auf solchen Stufen sich erhalten haben. Von Wichtigkeit für unsere gegenwärtige Betrachtung, die Hypothese von dem Anfange und der Entwicklung unseres Sonnensystemes, ist das, woran wir noch einmal erinnern wollten, daß wir an coordinirten Gliedern im Raume — unsere Sonne ist ja ebenfalls ein Fixstern in dem Milchstraßensysteme — alle die verschiedenen Stufen, welche sie mit ihren untergeordneten Massen nach jener Theorie durchmachen müßte, wirklich vor uns sehen.

Es spricht gewiß nicht wenig zu Gunsten der Hypothese von

La Place, daß Herschel, der Vater, durch seine Beobachtungen des Fixsternhimmels unabhängig von ihm auf dieselbe Theorie für die Fixsterne gelangte, welche jener durch scharfsinnige analytische Speculationen über die Erscheinungen in unserem Sonnensysteme für dieses allein aufstellte.

Wir wissen nichts von den Verhältnissen, welche die Dampfform jener ungeheueren Kugel zu Wege brachten und wenigstens eine Zeit lang erhielten, da uns fast nichts mehr über die Eigenschaften sämmtlicher Massen der übrigen Gebilde unseres Sonnensystemes, nur über die der Erde etwas bekannt ist. Es wäre daher mehr als gewagt, vom naturhistorischen Standpunkte aus auch nur Vermuthungen darüber anzustellen. Es ist dies eher ein Feld für die Speculationen der Philosophie, und ohne Zweifel dafür ein sehr fruchtbares, als für die Forschungen der Naturwissenschaften.

Wir beschränken uns darauf, für unsere Erde und ihre frühesten Zustände noch einige Bemerkungen hier anzureihen, die wenigstens für die Stoffe, welche wir auf der Erde finden, allgemeine Gültigkeit haben. Wir knüpfen diese Bemerkungen an eines der bekanntesten Beispiele des Verhaltens der Stoffe zur Wärme, nämlich an das des Wassers in seinen drei verschiedenen Formen, als Eis, Wasser und Wasserdampf.

1) Mischen wir 1 ℔ Wasser von 0° mit 1 ℔ Wasser von 100° C., so erhalten wir 2 ℔ Wasser von 50° Wärme.

2) Wenn wir aber 1 ℔ gestoßenes Eis, das grade 0° Wärme hat, mit 1 ℔ Wasser mischen, das 79° C. hat, so schmilzt alles Eis und wir erhalten 2 ℔ Wasser von 0°.

3) Erhitzen wir Wasser in einem offenen Gefäße, so bemerken wir, daß wir es bei gewöhnlichem Atmosphärendruck nie über 100° C. erwärmen können, von diesem Punkte an siedet es, d. h. es geht aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand über. Die Dämpfe selbst zeigen ebenfalls unter denselben Umständen nie eine höhere Temperatur als 100° C.

4) Lassen wir umgekehrt 1 ℔ Wasserdampf von 100° C. in ein Gefäß mit 5⅓ (genauer 5,37) ℔ Wasser von 0° einströmen, so erhalten wir 6⅓ ℔ Wasser von 100°.

Nehmen wir die Wärmemenge, welche nöthig ist, um 1 ℔ Wasser um 1° C. zu erwärmen, als Wärmeeinheit an, so sieht man leicht, daß in dem ersten Falle keine Wärme verschwunden ist,

denn die 2 ℔ Wasser von 50° haben noch 100 Wärmeeinheiten, wie vorher das 1 ℔ von 100°. In dem zweiten Falle ist die ganze Wärmemenge scheinbar verloren gegangen, sie wurde nur dazu verwandt, das Eis zu schmelzen; man sieht also daraus, daß das Wasser 79 Wärmeeinheiten braucht, um aus dem festen in den flüssigen, aber 537, um vom Siedepunkt an aus dem flüssigen in den dampfförmigen Zustand überzugehen. Durch den Schmelzungsproceß ist die Wärme, wie man dies scheinbare Verschwinden derselben nennt, gebunden, latent geworden. In dem dritten Falle wird abermals Wärme gebunden und zwar hier durch die Dampfbildung, durch den Uebergang des Wassers aus dem flüssigen Zustande in den dampf- oder gasförmigen; wir dürfen Wärme zuführen, so viel wir wollen, das Wasser wird nicht wärmer, es bildet sich nur mehr Dampf. In dem vierten Falle sehen wir diese im dritten gebundene Wärme wieder frei werden, wie man sich ausdrückt, das ℔ Dampf von 100° hat also 100 + 537 Wärmeeinheiten, indem es ja mit 5⅓ ℔ Wasser 6⅓ von 100° Wärme bildet.

Es läßt sich aus diesen Beispielen nun folgendes allgemein gültige Gesetz ableiten: Wenn ein Körper aus dem gasförmigen in den flüssigen und aus dem flüssigen in den festen Zustand übergeht, so wird so viel Wärme frei, als nöthig ist, um ihn aus dem festen in den flüssigen und aus diesem in den gasförmigen zu versetzen. Wenden wir dieses Gesetz auf die früheren Zustände unseres Sonnensystemes und zunächst unserer Erde an, so werden wir dadurch eine irrige Vorstellung, die man sehr häufig antrifft, leicht beseitigen können. Es ist die, daß man sich diese Dunstmasse als mit einer ungeheueren Hitze versehen denkt, was ganz und gar nicht nöthig ist. Im Gegentheil kann diese Dampfmasse eine sehr niedrige Temperatur besessen haben*), und doch mußte bei dem Uebergang aus dem dampfförmigen in den flüssigen Zustand eine außerordentliche Menge von Wärme frei werden, und auch aus sehr kalten Dämpfen muß sich bei ihrer Verdichtung eine heißflüssige Masse bilden.

Wir haben in Kap. VII. die Erscheinungen angegeben, welche uns zu der Annahme führen, daß die Erde eine heiße, geschmolzene

*) Auch hiefür liefert uns der Wasserdampf ein Beispiel, in 1 ℔ Wasserdampf von 0° sind doch 537 Wärmeeinheiten enthalten und werden frei, so wie der Dampf flüssig wird; kalter Wasserdampf kann warmes Wasser liefern.

Maſſe gebildet habe, ohne damals nach der Quelle dieſer Wärme weiter zu fragen. Die Theorie von La Place giebt uns auch hiefür eine befriedigende Auskunft; ſie zeigt uns, daß unter der Vorausſetzung eines dunſtförmigen Zuſtandes der Maſſen unſeres Sonnenſyſtemes durch die Verdichtung derſelben nothwendig das eintreten mußte, was wir auf anderem Wege bereits als wirklich eingetreten fanden, nämlich ein heiß-flüſſiger Zuſtand unſeres Planeten in ſeinen früheſten Anfängen. Mit der weiteren Entwicklung deſſelben, mit dem Uebergang aus dem flüſſigen in den feſten Zuſtand beginnt die eigentlich ſichere Geſchichte der Erde; erſt mit dieſer Stufe ihres Werdens haben wir auch einen feſten Boden für dieſelbe gewonnen.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum dreizehnten Kapitel.

1) zu S. 295. Es würde hier zu weit führen, eine genauere Darstellung dieser Vorgänge und der Gesetze, nach denen sie eintraten, zu geben, die ohnehin nur durch die schwierigsten mathematischen Berechnungen deutlich zu machen wären. Eines soll hier nur noch erwähnt werden, nämlich der Umstand, daß nach dieser Theorie auch die Zunahme der Schnelligkeit des Laufes der Planeten um die Sonne als eine einfache Folge der Zusammenziehung, des Kleinerwerdens jener Dunstkugel sich sehr leicht erklären läßt, indem mit dem Kleinerwerden zugleich eine immer raschere Achsendrehung eintreten mußte. Denn es ist offenbar, daß wenn eine bestimmte, sich in ihrer Wirkung gleichbleibende Kraft eine große Kugel in einer bestimmten Zeit um ihre Achse dreht, die Theilchen derselben, welche an dem Aequator liegen, eine Schnelligkeit erreichen, welche durch den Umfang der Kugel ausgedrückt werden, wenn wir jene Zeit der einmaligen Achsendrehung als Einheit annehmen, die hinreicht, sie an einer kleineren Kugel mehr als einmal um den vollen Umkreis herumzuführen. Der Umfang unseres Erdäquators beträgt z. B. 5400 geogr. Meilen. Jeder Punkt des Erdäquators durchläuft in einem Tage von 24 Stunden 5400 Meilen; es ist also die Umdrehungsgeschwindigkeit für einen Tag 5400 Meilen. Nun denke man sich, die Erdkugel zöge sich plötzlich bedeutend zusammen, so würde dadurch nichts von jener Kraft verloren gehen, die Schwungkraft der einzelnen Theilchen würde sich vollkommen gleich bleiben, und daher offenbar in 24 Stunden die Erde sich mehr als einmal um ihre Achse drehen, weil der Umfang des Aequators jetzt nicht mehr 5400 Meilen, sondern weniger beträgt, also weniger Zeit zu einer vollen Umdrehung der kleineren Kugel nöthig ist, deren Theilchen noch dieselbe Schwungkraft haben, wie die der größeren. Es geschieht dies nach demselben Gesetze, nach dem ein kürzeres Pendel schneller schwingt, als ein längeres. Ein sehr einfacher Versuch kann uns dieses Verhältniß anschaulich machen. Nehmen wir einen Faden, der an einem Ende mit einem schwereren Körper, einer Bleikugel, einem Schlüssel oder dergleichen, versehen ist, an dem anderen in die Hand, geben demselben einen starken Schwung und halten dabei einen Finger so, daß bei dem Umschwunge um unsere Hand der Faden sich um ihn herum wickelt, so bemerken wir sehr leicht, wie mit dem durch die Aufwicklung des Fadens bedingten Kleinerwerden des Kreises, den die Bleikugel oder der Schlüssel beschreibt, die Umdrehung immer schneller und schneller vor sich geht. Man hat viele Vorrichtungen ersonnen, um einen Theil dieser Vorgänge anschaulich zu machen; die sinnreichste, welche erdacht worden ist, wurde vor nicht langer Zeit von Plateau, einem belgischen Physiker, angegeben, die wir schon bei der Betrachtung der Gestalt der Erde erwähnt haben. Derselbe mischte Alcohol mit Wasser so lange, bis das Gemische genau das specifische Gewicht von Oel hatte. Eine Masse Oel in ein Gefäß voll dieser Flüssigkeit gebracht, mischte sich mit derselben nicht; die Oeltheilchen, ihrer eigenen Anziehung überlassen, mußten, da sie durch jene Mischung der Wirkung der Schwere entzogen waren, eine Kugel bilden, die an jeder beliebigen Stelle jenes Gemisches erhalten werden konnte, da sie weder untersinken, noch an der Oberfläche desselben, das ja gleich schwer wie das Oel war, emporsteigen konnte. Er brachte nun das Gefäß auf eine Scheibe, welche in rasche Rotation versetzt werden konnte, und zwar in einer solchen Stellung, daß die Rotationsachse genau durch die Achse der Oelkugel hindurchging. Wurde nun der Apparat in immer schnellere Rotationen versetzt, so plattete sich die Kugel ab und schwoll um ihren Aequator auf. Ja es gelang selbst manchmal, eine vollkommene Umbildung der Oelmasse zu einem Ringe und die Umbildung dieses zu kleineren rotirenden Oelkugeln zu bewerkstelligen. Der Versuch ist in seiner Vollkommenheit übrigens sehr schwer herzustellen, da derselbe mißlingt, sowie die Achse des Rotationsapparates nicht ganz genau mit der Achse der Kugel zusammenfällt, was nicht leicht zu bewirken ist. Plateau's Experimente finden sich ausführlich mitgetheilt in Poggendorff's Annalen, Ergänz.-Bd. II. 1846, p. 249 ꝛc.

2) zu S. 296. Wenn wir die p. 245 mitgetheilte Tabelle über die Dichtigkeit der Himmelskörper betrachten, so finden wir, daß dieselben in zwei Gruppen zerfallen, welche durch die Asteroiden getrennt werden. Die eine enthält die ferneren Planeten Neptun, Uranus, Saturn, Jupiter und die Sonne, welche gemeinsam eine Dichtigkeit von nur $^3/_4$—$1^1/_3$mal der des Wassers haben; die andere enthält die der Sonne näheren, Mars, Erde, Venus und Mercur, deren Dichtigkeit ebenfalls wieder ziemlich gleich zwischen 5,21 und 6,71 fällt. Man ist nur zu leicht geneigt, aus der Dichte, der Schwere eines Stoffes auf andere Eigenschaften zu schließen, die in gar keinem Zusammenhange mit derselben stehen, namentlich die Cohäsion, die Härte eines Körpers damit in Verbindung zu setzen, und ebenso auch die größere oder geringere Leichtigkeit, seinen Aggregatzustand zu verändern, d. h. flüssig oder dampfförmig zu werden. Die Beispiele, welche man gewählt hat, um die Dichtigkeit der Planeten anschaulich zu machen, Tannenholz, Kork, Weingeist 2c., mögen auch dazu beigetragen haben, jene irrigen Vorstellungen zu erhalten. Der am wenigsten dichte Planet Saturn kann aus Stoffen bestehen, welche härter sind, als die härtesten, welche wir auf der Erde kennen, und der schwerste, Mercur, möglicherweise aus sehr weichen Massen. Schon an den irdischen Stoffen sehen wir, wie diese Eigenschaften in gar keinem Zusammenhange mit einander stehen. Der härteste Körper, den wir kennen, der Diamant, hat ein specifisches Gewicht von $3^1/_2$, während einer der weichsten mineralischen Stoffe, das Gold, ein specifisches Gewicht von 19,4 besitzt. Auch der Uebergang von einer Form in die andere, vom festen in den flüssigen und von diesem in den dampfförmigen Zustand, steht mit der Dichtigkeit durchaus in keinem Zusammenhange. Das Quecksilber hat ein specifisches Gewicht von $13^1/_2$, wird bei $-30^0$ R. flüssig und verdampft dann bei jeder Temperatur, während verhältnißmäßig sehr leichte Körper, z. B. die Bittererde, für uns unschmelzbar sind. Wenig ist es, was wir außer der Dichte von den Massen der Planeten wissen; homogen ist dieselbe ebenfalls nicht, die größeren haben alle erkennen lassen, daß sie aus verschieden dichten Massen bestehen, die, wie bei der Erde, von der Oberfläche nach dem Centrum an Dichtigkeit zunehmen. An mehreren, Saturn, Jupiter, Mars, Venus, kann man aus optischen Erscheinungen auf eine Atmosphäre schließen; Mars bietet selbst Erscheinungen dar, die auf das Vorhandensein von Wasser und bedeutenden, nach den Jahreszeiten in ihrer Ausdehnung wechselnden Schnee- und Eismassen hindeuten.

3) zu S. 297. Eine einfache Betrachtung der uns umgebenden Stoffe lehrt uns, daß sie sich in Beziehung auf die Aenderung ihres Aggregatzustandes außerordentlich verschieden verhalten. Als dasjenige Mittel, welches am wirksamsten ist, um feste Körper in den flüssigen oder selbst in den dampf- oder gasförmigen Zustand zu versetzen, müssen wir die Wärme und Verminderung des Druckes, unter welchem sich alle irdischen Stoffe befinden, ansehen. Ein Stoff braucht nun mehr, der andere weniger Wärme, um flüssig oder dampfförmig zu werden. Die größte Hitze, welche wir künstlich erzeugen können, entsteht, wenn wir die Poldräthe einer kräftigen galvanischen Batterie einander nähern. Körper, die selbst der Gluth eines Hochofens widerstehen, schmelzen augenblicklich, wenn man sie zwischen die Enden dieser Dräthe bringt und verflüchtigen sich selbst. So kann man z. B. das so schwer schmelzbare Gold in dünnen Blättchen rasch zum Verdampfen bringen, es in gasförmigen Zustand versetzen, wenn man es der Einwirkung einer solchen Batterie aussetzt. Umgekehrt ist es die Verminderung der Wärme und die gleichzeitige Erhöhung des Druckes, welche die gasförmigen Körper flüssig und fest macht. Gase, z. B. Kohlensäure, sind unter sehr starkem Drucke bei gleichzeitig auf sie einwirkender großer, künstlich erzeugter Kälte flüssig und fest geworden, wie die schönen, schon erwähnten, von Faraday angestellten Versuche gezeigt haben.

4) zu S. 300. Wie wir wissen, bewegt sich die Sonne nebst allen Planeten mit ungeheuerer Schnelligkeit im Raume dahin, sie kommt dadurch stets anderen der nicht ganz regelmäßig im Raume vertheilten Sterne und Sterngruppen näher. Da sie in früheren Perioden eine stark abgeplattete Kugel gebildet hat,

so liegt darin die Möglichkeit, daß die Achse derselben Schwankungen erlitten hat, je nachdem sie stärker anziehenden Massen auf ihrer Bahn, die sich in verschiedener Lage zu ihr befanden, begegnete. Mit einer Schwankung der Achse erlitt aber auch die Lage des Sonnenäquators eine Veränderung und die zu verschiedenen Zeiten sich um ihn bildenden Ringe, aus denen die Planeten nachher entstanden, mußten dann ebenfalls mit den früher entstandenen Ringen, d. h. mit den Bahnen der Planeten, die während einer anderen Lage des Sonnenäquators sich bildeten, Winkel bilden. Die verschiedenen Neigungen der Planetenbahnen gegen die Erdbahn — die Ekliptik — mögen vielleicht theilweise hierin eine Erklärung finden.

[5]) zu S. 303. Das Zodiacallicht erscheint in unseren Breitegraden nur selten; zur Zeit des Frühlingsäquinoctiums kurz nach Sonnenuntergang am westlichen und zur Zeit des Herbstäquinoctiums am östlichen Himmel vor Sonnenaufgang erblickt man es bei heiterem Himmel als einen milden, pyramidal aufsteigenden Lichtschimmer, dessen Basis stets der Sonne, dessen Spitze einem Punkte des Thierkreises, also etwas nach Süden, zugekehrt ist. Häufig und besser sieht man es in den Tropengegenden, weil hier Aequator und Thierkreis, und somit das Zodiacallicht ebenfalls, weniger gegen den Horizont geneigt sind und demnach letzteres sich höher über dem Horizonte zeigt, die Dämmerung auch rascher der Nacht weicht. Seine Spitze erhebt sich oft bis zu einem scheinbaren Winkelabstande von fast 90° von der Sonne, gewöhnlich von 40—90°, seine Basis hat eine Breite von 8—30°. In früheren Zeiten hielt man dasselbe für einen Theil der Sonnenatmosphäre, der sich in ungeheuerer Ausdehnung um dieselbe verbreitete; die Gesetze über die Schwungkraft im Verhältniß zur Schwerkraft haben aber gezeigt, daß diese Annahme unmöglich ist, die Sonnenatmosphäre konnte sich bei der Schnelligkeit, welche die Rotation der Sonne ihrer Atmosphäre mittheilt, höchstens bis zu $^{9}/_{20}$ der Mercursweite erstrecken, weiter hinaus würde die Schwungkraft über die Schwerkraft das Uebergewicht bekommen und die Theilchen der Sonnenatmosphäre, der Einwirkung der Sonne entzogen, ihr entfliehen. Mercur erscheint uns aber höchstens 29° von der Sonne entfernt, die Spitze des Thierkreislichtes könnte also höchstens 14° von der Sonne entfernt sich zeigen, wenn es wirklich ein Theil der Sonnenatmosphäre wäre. Es ist daher die von La Place, Schubert, Arago, Poisson und Biot vertheidigte Ansicht, daß es ein Lichtring sei, welcher die Sonne in der angegebenen Entfernung umgebe, gegenwärtig, als am besten die Erscheinung des Zodiacallichtes erklärend, allgemein angenommen worden. (Cfr. Humboldt's Kosmos I. 143—149 und III. 587—591.)

# Vierzehntes Kapitel.

Primäre und secundäre Gesteine. Chemische und mineralogische Bestandtheile derselben. Ihre Structur und Formen. Geschichtete und ungeschichtete Gesteine. Betrachtung der Schichtung und der Schichtenstörungen. Art des Auftretens der ungeschichteten oder massigen Gesteine.

Wir hatten aus den Untersuchungen, welche sich allein auf die Erde beschränkten (Kap. II. bis VII.), den Schluß gezogen, daß dieselbe in den früheren Zeiten ihres Bestehens eine flüssige heiße Kugel gewesen sein müsse. Zu demselben Resultate haben uns auch die astronomischen Untersuchungen, welche uns noch frühere Entwicklungsstufen des Erdkörpers erschließen lassen, hingeführt. Auf der anderen Seite haben wir aber bereits im ersten Kapitel die Erscheinungen kurz angeführt, welche uns beweisen, daß der bei weitem größte Theil der Erdrinde aus Gesteinen und Massen bestehe, welche ihren Ursprung dem Wasser verdanken und unter Wasser sich nach und nach gebildet haben. Diese beiden Resultate zusammengehalten, lassen uns sogleich erkennen, daß die Oberfläche der Erde nach ihrer Erstarrung durch das Wasser in ausgedehntem Maaße bearbeitet und so verändert worden ist, daß wir von dieser ursprünglichen, aus einem geschmolzenen heißen, durch Abkühlung in den festen Zustand übergegangenen Erdrinde nur sehr wenig, vielleicht gar nichts mehr vor uns sehen. Bezeichnen wir den geschmolzenen Zustand der Erde als primären und ebenso die Massen, die zu jener Zeit, an der Oberfläche erstarrend, in der Tiefe noch flüssig, vorhanden waren, als *primäre*, so müssen wir dagegen alle durch die Wirkung des Wassers entstandenen, den größten Theil der jetzigen Erdoberfläche bedeckenden Gesteine als *secundäre* bezeichnen, und haben nachzuweisen, wie diese aus jenen entstanden sind. Da noch gegenwärtig die Thätigkeit des Wassers in derselben Weise, wie in früheren Zeiten auf der Erde

vor sich geht, da die mechanischen, wie die chemischen Kräfte dieses Elementes unverändert geblieben sind, so haben wir durch genaue Untersuchungen der doppelten Wirkung des Wassers in der Gegenwart die besten Mittel, um jene Umänderung der primären in secundäre Gesteine zu begreifen und nachzuweisen. Ehe wir uns aber darauf einlassen, wollen wir das Material etwas näher betrachten, welches wir auf der Erde vor uns haben und ebenso die chemischen wie physikalischen Eigenschaften desselben, da uns, ohne diese vorausgeschickt zu haben, die Wirkung des Wassers nicht wohl verständlich werden würde.

Die Chemie lehrt, daß die meisten der uns umgebenden irdischen Körper aus mehreren Elementen oder Grundstoffen bestehen, wie diejenigen Stoffe genannt werden, welche man nicht wiederum in andere zerlegen kann, und daher als *einfache*, nicht zusammengesetzte, anzusehen sind. Eines der kräftigsten Mittel, um zusammengesetzte Körper zu zerlegen, ist ebenfalls die Electricität. Bringen wir einen Körper, den wir sonst nicht zerlegen können, zwischen die Pole einer galvanischen Batterie, so wird derselbe, wenn er zusammengesetzt ist, zersetzt. Die Metalle z. B. sind einfache Körper; wir sind nicht im Stande, dieselben zu zerlegen, wohl aber, wenn sie mit anderen Stoffen verbunden sind, sie durch die Electricität aus dieser Verbindung wieder rein herzustellen. Das Wasser, welches man früher für ein Element hielt, zeigt sich dagegen als ein zusammengesetzter Körper, man kann es auf gleiche Weise in zwei Elemente, in Sauerstoff und Wasserstoff, zerlegen.

So weit man bis jetzt irdische Körper zerlegt hat, so sind doch noch 62 Elemente, d. h. nicht weiter zerlegbare Stoffe, zurückgeblieben, die man ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften nach in zwei Klassen mit verschiedenen Ordnungen eingetheilt hat, nämlich in 1) *nichtmetallische* und 2) *metallische Elemente*. Sehen wir blos auf die *Menge*, mit der dieselben in den Gebilden der Erdoberfläche auftreten, und nehmen wir keine Rücksicht auf ihre *Wichtigkeit* für die organischen Wesen, so finden wir nur 12 von ihnen der Betrachtung werth. Wir könnten alle übrigen uns aus der Erdrinde hinwegdenken, ohne daß wir im Geringsten ihre Gestalt dadurch verändert finden würden. Die Hauptmasse der Gesteine und aller die Erde bedeckenden Gebilde giebt bei ihrer Zerlegung nur diese 12 Elemente, die übrigen sind

in viel geringerer Menge vorhanden, ja zum Theil so äußerst spärlich, daß es von einzelnen noch nicht recht gelungen ist, sich so viel davon zu verschaffen, daß man ihre Eigenschaften genauer untersuchen konnte. Aus der Klasse der nichtmetallischen Elemente ist es der Sauerstoff, Wasserstoff, das Chlor, der Kohlenstoff und der Schwefel, die in größter Menge in der Erde vorkommen; aus der Klasse der metallischen sind es die Alkalimetalle: Kalium und Natrium, die Erdmetalle: Kalcium, Magnium, Aluminium und Silicium, von den schweren oder Erzmetallen nur das Eisen, welche eine wichtige Rolle in der Zusammensetzung der Gesteine spielen. Wegen der übrigen Elemente verweisen wir auf die Anmerkung 1 zu diesem Kapitel.

Indem nun diese Elemente zu je zweien, dreien, vieren u. s. f. sich verbinden *), bilden sie die Körper, welche wir auf der Erde antreffen. Wir haben es zunächst nur mit den leblosen, anorganischen Stoffen zu thun, welche die Erdrinde zusammensetzen, über deren Natur sich folgende allgemein gültige Gesetze aufstellen lassen, die wir an einigen Beispielen erläutern wollen.

Wenn man mittelst einer electrischen Batterie einen zusammengesetzten Körper in seine Elemente zerlegt, z. B. das Wasser, so findet man, daß der eine Theil desselben sich constant an dem vom positiven (+) Polende herkommenden Leitungsdrathe ausscheidet, der andere an dem negativen (—), nie treten beide zu ein und demselben Drathe. Man hat nun daraus geschlossen, daß sich die Elemente zu einander ebenso verhalten, wie positive und negative Electricität und da stets gleichartige electrische Körper sich abstoßen, ungleiche sich anziehen, so hat man auch die chemische Verbindung der Stoffe dadurch erklärt, daß man annahm, sie träten eben nach dem Verhältnisse ihres ungleichen, entgegengesetzten electrischen Verhaltens zu einander zusammen, ihre gegenseitige Verwandtschaft richte sich nach der Stärke dieses Gegensatzes. Darnach hat man nun sämmtliche Elemente in eine Reihe geordnet, an deren

*) Es würde zu weit führen, auf die Bedingungen einzugehen, unter welchen dieses eintritt. Möglichst innige und nahe Berührung, in den meisten Fällen Auflösung oder Schmelzung, d. h. der flüssige Zustand, Temperaturerhöhung u. s. f. sind nöthig, um eine chemische Verbindung der Stoffe herzustellen; bei manchen ist es selbst noch nicht geglückt, sie mit mehreren anderen zu vereinigen.

einem Ende sich der allerpositivste Stoff, das Kalium, an deren anderem sich der allernegativste, der Sauerstoff, befindet. Diese beiden haben daher auch die allergrößte Verwandtschaft, sie verbinden sich, wo sie sich auch treffen, stets mit einander. Die übrigen Elemente stehen unter sich in keinem so starken Gegensatze, ihre Verwandtschaft ist nicht so kräftig, ihre Verbindungen daher auch nicht so fest. Kommt ein bereits mit einem anderen verbundenes Element mit einem Körper zusammen, in welchem sich eines vorfindet, zu dem es größere Verwandtschaft hat, als zu dem, mit welchem es bisher verbunden war, so verläßt es dieses, und begiebt sich zu jenem. Darauf beruhen die meisten Scheidungen der Chemiker, indem man nämlich einen Stoff durch einen stärkeren, näher verwandten aus seiner bisherigen Verbindung zu treten zwingt [2]).

Wir finden auf der Erde außerordentlich wenig einfache Körper (nur den Kohlenstoff als Diamant und Graphit, den Schwefel und einige edle Metalle), die meisten sind zusammengesetzt. Nach der Zahl und dem Verhalten der sich vereinigenden Elemente hat man folgende Hauptordnungen chemischer Verbindungen gemacht.

I. Verbindung erster Ordnung. Es tritt ein positives mit einem negativen Elemente zusammen, z. B. Kalium K (+) mit Sauerstoff O (—) zu Kali KO, Kohlenstoff C (+) mit zwei Theilen Sauerstoff O (—) zu Kohlensäure $CO^2$ *). Viele dieser Verbindungen erster Ordnung verhalten sich nun in mancher Beziehung wie einfache Elemente, d. h. sie verhalten sich gegen einander wieder positiv oder negativ, und je eine positive Verbindung erster Ordnung, s. g. Basis, tritt nach denselben Gesetzen, wie die Elemente zu Verbindungen erster Ordnung mit einer negativen, s. g. Säure, zusammen zu einer

II. Verbindung zweiter Ordnung. So verhält sich, um bei dem obigen Beispiele zu bleiben, die Verbindung erster Ordnung, das Kali KO sehr positiv, ist eine starke Basis, die Verbindung von Kohlenstoff mit Sauerstoff $CO^2$ negativ, ist also eine Säure. Beide zusammen bilden eine indifferente, d. h. weder positiv noch negativ sich anderen gegenüber verhaltende Verbin-

*) Die oben an den chemischen Zeichen stehenden Zahlen bedeuten, daß soviel Atome, als die Zahl angiebt, von diesem Elemente mit dem andern, also hier, daß zwei Atome Kohlenstoff mit einem Atom Sauerstoff sich verbunden haben.

dung, die man ein Salz nennt *). In folgendem Schema läßt sich dies darstellen

Verbindung erster Ordnung $\overset{+}{\underset{\smile}{K}}\overset{-}{\underset{\smile}{O}}$ $\overset{+}{\underset{\smile}{C}}\overset{-}{\underset{\smile}{O^2}}$

Verbindung zweiter Ordnung $\overline{KO\ CO^2}$

Treten nun je zwei Verbindungen zweiter Ordnung zusammen, so erhält man

III. Verbindungen dritter Ordnung u. s. f. Eine solche ist z. B. der Alaun, der aus den beiden Verbindungen zweiter Ordnung schwefelsaurem Kali und schwefelsaurer Thonerde (mit Wasser) besteht.

Die Mineralien, welche unsere Erdrinde zusammensetzen, sind nun solche Verbindungen und zwar treten sie in großer Menge aus allen drei Ordnungen auf. Eine Verbindung erster Ordnung ist die Kieselsäure, welche als Quarz in den krystallinischen Gebirgsarten, als Sand und Sandstein in außerordentlicher Menge vorhanden ist. Unser gewöhnlicher Kalkstein ist eine Verbindung zweiter Ordnung, nämlich kohlensaure Kalkerde ($CaO, CO^2$) und die meisten der krystallinischen Gebirgsarten bestehen aus Mineralien, welche Verbindungen dritter Ordnung sind, wie z. B. der Feldspath, der Glimmer ꝛc.

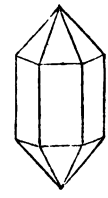
Wenn wir auf die chemischen Bestandtheile erster Ordnung der Mineralien, welche vorwiegend die Erdrinde zusammensetzen, sehen, so sind es viel mehr Basen als Säuren, welche sie bilden. Wir haben nur drei Säuren, welche von einiger Wichtigkeit sind, nämlich die Kieselsäure, die Kohlensäure und die Schwefelsäure. Von Basen dagegen sind es sieben, welche in großen Massen auftreten, nämlich Kali, Natron, Kalkerde, Bittererde (Magnesia), Thonerde und Eisen-Oxydul und Oxyd. Diese finden sich sämmtlich in den verschiedenen Mineralien mit Kieselsäure verbunden, die Kohlensäure und Schwefelsäure dagegen werden nur mit einigen von diesen in natürlichen Verbindungen angetroffen.

Man kennt gegenwärtig 650 selbständig, natürlich vorkom-

*) In der Regel nimmt für jedes Atom Sauerstoff, das sie enthält, die Basis ein Atom Säure auf, und bildet dann ein s. g. neutrales Salz. Wird mehr Säure aufgenommen, so entsteht ein saures, und bei weniger Säure ein basisches Salz.

mende Verbindungen, welche den Inhalt der Mineralogie ausmachen. Von diesen sind es jedoch nur etwa 12, welche *hauptsächlich* zur Zusammensetzung der Erdrinde beitragen und in ausgedehnteren, weiter verbreiteten Stücken derselben als ein *wesentlicher* Theil derselben auftreten. Von diesen Mineralien bildet nun je eines für sich allein in größerer Ausdehnung die sichtbare Erdrinde — s. g. einfache Gebirgsarten *) — wie z. B. der kohlensaure Kalk, der Quarz, oder es treten mehrere zu einem regelmäßigen Gemenge zusammen — s. g. zusammengesetzte Gebirgsarten — z. B. Feldspath, Quarz und Glimmer zu Granit oder Gneiß ꝛc.; daher wollen wir vor der Betrachtung der Gebirgsarten selbst diese einfachen, sie constituirenden Mineralien kurz besprechen. Die wichtigsten derselben sind:

1) *Der Quarz*, auch Bergkrystall genannt. Wenn er für sich vorkommt, bildet er gewöhnlich eine regelmäßige sechsseitige Säule mit darauf aufgesetzten Pyramidenflächen (wie die nebenstehende Figur). Er ist in den Gebirgsarten meistens farblos, mehr oder weniger durchsichtig, hat Glasglanz, giebt beim Zerschlagen keine ebenen Bruchflächen, sein Bruch ist „muschelig", wie dies der Mineraloge nennt. Er besteht aus reiner Kieselsäure, auf ein Atom Silicium kommen drei Atome Sauerstoff, daher sein Zeichen $SO^3$ ist oder $\ddot{S}i$ **). Er ist sehr hart, ritzt das Glas, wird von Stahl nicht angegriffen und giebt Feuer mit demselben; ist außerordentlich schwer, vor dem Löthrohr für sich nicht schmelzbar; sein specifisches Gewicht 2,5—2,8. Im Granit, Gneiß, Glimmerschiefer bildet er einen wesentlichen Bestandtheil; der gewöhnliche Sand und die s. g. Sandsteine sind größtentheils aus Quarzstückchen gebildet.



2) *Der Feldspath*. Dieser Name kann gegenwärtig als ein Gattungsname für eine große Reihe von verschiedenen Species

*) *Gebirge* nennt der Bergmann jeden Theil der festen Erdrinde, und demnach ist „Gebirgsart" jedes zur Zusammensetzung der Erdkruste beitragende Gestein.

**) Da der Sauerstoff in den meisten chemischen Verbindungen vorkommt, so ist man der Abkürzung der Zeichen wegen darauf gekommen, für je ein Atom Sauerstoff, welches sich mit einem Atome eines anderen Elementes verbindet, einen Punkt über das Zeichen dieses zu machen, es ist daher $\dot{C}$ gleich $CO^2$, $\dot{K}$ gleich KO ꝛc.

oder Varietäten einander nahe verwandter und nicht scharf zu trennender Mineralien angesehen werden [3]). Die wichtigsten davon sind der s. g. Orthoklas, der Albit und Labrador. Sie sind sämmtlich Verbindungen dritter Ordnung und zwar ist eine Basis, welche ein Atom Sauerstoff enthält, verbunden mit Kieselsäure und dazu eine Basis, welche drei Atome Sauerstoff enthält, ebenfalls mit Kieselsäure verbunden, in allen vorhanden. Letztere wird bei den Feldspatharten von Thonerde gebildet, die ersteren sind bald eine für sich allein, bald mehrere zusammen in den verschiedenen Varietäten enthalten und sind Kali, Natron, Kalkerde, Eisenoxydul und hie und da Manganoxydul, der letztere basische Bestandtheil ist nur Thonerde ($\dddot{Al}$), also: $\dot{K}$, $\dot{Na}$, $\dot{Ca}$, $\dot{Fe}$, $\dot{Mn}$ und $\dddot{Al}$ mit $\dddot{Si}$. Die Hauptform des gewöhnlichsten Feldspathes ist die folgende: Parallel den Flächen M und P ist derselbe leicht spaltbar, und da diese sich unter rechten Winkeln schneiden, so hat diese Varietät den Namen Orthoklas (d. h. rechtwinklig spaltbar) erhalten.

Diese Varietät hat auch eine sehr einfache Zusammensetzung, sie besteht nämlich zu einer Hälfte aus kieselsaurem Kali, zur andern aus kieselsaurer Thonerde, ihr Zeichen ist daher $\dot{K}\,\dddot{Si} + \dddot{Al}\,\dddot{Si}^3$. Nach diesem ist der Albit, ein Natronfeldspath, der Oligoklas, mit weniger Kieselsäure als der Albit und etwas Kali und Kalk, und der Labrador, welcher sich durch seinen Kalkgehalt, durch seine Zwillingsbildung, d. h. Aneinanderwachsen mehrerer Krystalle, die oft so schmal sind, daß die Grenzen der mit den Flächen M sich aneinanderlegenden Individuen sich als feine vertiefte Linien, „Zwillingsstreifung", zu erkennen geben, und durch sein schönes, besonders in's Blaue und Grüne gehende Farbenspiel auszeichnet, in den Gesteinen besonders häufig. Der erstere enthält statt des Kali hauptsächlich Natron, der letztere viel Kalkerde unter seinen Bestandtheilen. — Die Feldspatharten sind durchsichtig bis undurchsichtig, farblos, weiß, fleischroth, grünlich u. s. f. Ihre Härte ist geringer, als die des Quarzes. Vor dem Löthrohr schmelzen sie, aber mehr oder weniger schwer. Ihr specifisches Gewicht schwankt zwischen 2,53—2,74. — In verschiedenen Gesteinen sind verschiedene Feldspatharten wesentliche Gemengtheile, so der Orthoklas im Granit, der Labrador im Gabbro, Dolerit u. s. w., der Albit im Diorite u. s. f.

3) Glimmer. Auch dieſer Name iſt ein Gattungsname geworden, indem die nähere Unterſuchung gezeigt hat, daß eine Maſſe chemiſch verſchiedener Verbindungen unter dieſem einen Namen zuſammengefaßt wurden. Nichtsdeſtoweniger kann man, ohne der Natur Gewalt anzuthun, dieſelben nicht von einander trennen. „Nur wenige Minerale bilden eine ſo natürliche Gruppe durch ihr Ausſehen, als die Glimmer" (Quenſtedt) *). Was ſie alle auszeichnet und ſelbſt in den kleinſten Fragmenten noch erkennbar macht, iſt die Eigenſchaft, welche in demſelben oder auch nur in einem ähnlichen Grade keinem anderen Minerale zukommt, daß ſie mit Leichtigkeit ſchon durch Biegungsverſuche mit den Fingern ſich in die feinſten Blättchen ſpalten laſſen, in Blättchen, deren Dicke nach ihren optiſchen Eigenſchaften auf $^1/_{50000}$ einer Pariſer Linie berechnet wurde! Auf dieſen Spaltungsflächen zeigt der Glimmer einen ſtarken, perlmutterähnlichen, oft metalliſchen Glanz, weshalb auch der Name Katzengold, Katzenſilber dieſen Mineralien im Munde des Volkes gegeben wurde. Der Glimmer erſcheint meiſtens in dünnen ſechsſeitigen Blättchen oder Tafeln, manchmal auch in ſechsſeitigen Säulen, die Säulenflächen ſelbſt ſind jedoch meiſt nicht glatt und beſitzen keinen Glanz; ſelten ſind andere Flächen. Er iſt farblos, in dünnen Blättchen ganz durchſichtig, ſo daß er in manchen Gegenden zu Fenſterſcheiben verwandt wird, zeigt auch verſchiedene, meiſt trübe Farben, braun, braungrün, in dickeren Schuppen ſchwarz erſcheinend, durch Verwitterung oft meſſingartig. Vor dem Löthrohre ſind ſie ſchmelzbar, bald leichter, bald ſchwerer. So leicht ſie auch dem äußeren Anſehen nach von anderen Mineralien zu unterſcheiden ſind, ſo ſchwierig, ja unmöglich iſt es, phyſikaliſch und chemiſch ſcharf begrenzte Species in dieſer Gruppe auszuſondern, ſo außerordentlich verſchieden und wechſelnd in der chemiſchen Miſchung und in ihrem feineren phyſikaliſchen, namentlich optiſchen Verhalten zeigen ſie ſich. — Der am häufigſten vorkommende iſt der ſ. g. Kaliglimmer, weſentlicher Beſtandtheil der Granite und Gneiße. Er beſteht nach H. Roſe in ſeinen reinſten Varietäten aus $^1/_5$ Kaliſilicat und $^4/_5$ Thonerdeſilicat, alſo $\dot{K}\,\ddot{S}i + 4\,\ddot{A}l\,\ddot{S}i$. Die zweite häufigere Varietät iſt der ſ. g. Magneſiaglimmer, er hat einen großen

*) Handbuch der Mineralogie 198.

Gehalt von Magnesia und ist wahrscheinlich (Mġ, Fė, K̇) S̈i³ + (Äl, F̈e) S̈i. In den vesuvischen Auswürflingen, in manchen Graniten sind sie häufig. Meist haben sie auch etwas Fluor (Fl) und Wasser. Manche Chemiker halten die Glimmer für Zersetzungsproducte (Bischof) sehr verschiedener Mineralien und erklären daraus das außerordentlich Schwankende und Unsichere ihrer chemischen Constitution, behaupten daher, es ließe sich keine allgemein gültige chemische Formel für dieselben aufstellen. Zu der Familie des Glimmers werden auch noch gerechnet der Chlorit, ein schwärzlich-grünes, ebenso wie der Glimmer spaltbares Mineral; während jedoch die Blättchen des Glimmers sehr elastisch biegsam sind, sind die des Chlorites wenig elastisch, und er steht so in der Mitte zwischen Glimmer und dem Talk, der ebenfalls noch in sehr dünne Blättchen spaltbar ist, aber gar nicht mehr elastisch, sondern nur biegsam. Der Chlorit ist als ein Magnesiaglimmer anzusehen, in dem die Magnesia ohne Kali in überwiegender Menge mit Eisenoxydul auftritt, der stets wasserhaltig ist, der Talk dagegen als ein bloßes wasserhaltiges Magnesiasilicat ohne Thonerde. Der Chlorit ist wesentlicher Gemengtheil des Chloritschiefers, wie der Talk des Talkschiefers. Beide Gesteine gehen allmählich in einander und ebenso, wiewohl seltener, in Glimmerschiefer über.

4) Hornblende. Sie erscheint gewöhnlich in Säulen, welche am Ende nur drei Flächen erkennen lassen, wie die nebenstehende Figur. Parallel den Flächen M M, welche mit einander einen Winkel von 124½° bilden, läßt sie sich gut und glatt spalten. Die scharfe Kante der vierseitigen von den Flächen M gebildeten Säule ist meist durch x abgestumpft. Sehr häufig bildet sie Zwillinge, d. h. je zwei Krystalle sind mit einander parallel einer Fläche, welche die Kante a zwischen M und M abstumpfen würde, verwachsen. Die Härte ist ein klein wenig geringer, als die des gewöhnlichen Feldspathes, ihr specifisches Gewicht etwas höher, zwischen 2,8 und 3,2. Vor dem Löthrohr nicht sehr schwer zu schmelzen. Quenstedt *) unterscheidet drei Arten nach ihrem Vorkommen in verschiedenen Gesteinen, nämlich:

a) Basaltische Hornblende, pechschwarz, in dünnen

*) a. a. O. p. 209.

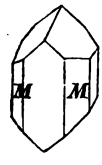
Lamellen oder gepulvert, mit einem Stich in's Braune; in Basalten, Trachyten und Laven.

b) Gemeine Hornblende, rabenschwarz, mit einem Stich in's Grüne. Sie ist wesentlicher Gemengtheil des Syenites, Diorites, der Hornblendeschiefer ꝛc.

c) Strahlstein, sehr lange, dünne, oft strahlenartig zusammengehäufte, meist schön grüne, durchscheinende Säulen, in großer Menge im alpinischen Talkschiefer liegend.

Auch die Hornblende bietet große Schwierigkeiten in Beziehung auf die Aufhellung ihrer chemischen Constitution. Im Allgemeinen erscheinen sie als vorwiegende Silicate von Mg, Ca und Fe, die dritte Art scheint dieses rein zu sein; die beiden ersteren haben aber auch noch Thonerde und etwas Fluor in ihrer Mischung und zwar in solchen Verhältnissen, daß sie schwer durch eine chemische Formel auszudrücken sind. Nach Bischof beträgt der Gehalt an Magnesia 21—27 %, an Kalkerde nur 10—14 %, ja bei einigen Varietäten, z. B. dem Arfvedsonit und Anthophyllit, kann sie ganz fehlen; die Kieselsäure wechselt von 43—60,85 %.

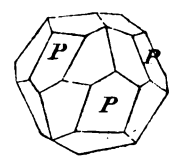
5) Augit oder Pyroxen. Sehr nahe verwandt mit der Hornblende, sowohl was die Krystallform, als die chemischen Eigenschaften betrifft, so daß ihn Einige selbst mit derselben zu einer Gattung vereinigen wollten. Die Krystalle bilden meist eine kurze vierseitige Säule, deren spitzer Winkel (M gegen M unserer Figur) 87° 6′ beträgt, deren stumpfe Kante meist abgestumpft ist; auch die scharfe ist oft abgestumpft, und auf diese sind die s. g. Zuschärfungsflächen oben und unten aufgesetzt. Parallel diesen Flächen M, also nahe rechtwinkelig, ist der Augit spaltbar und ist dadurch leicht von der Hornblende zu unterscheiden, der er sonst, in den Farben namentlich, gleich ist. Auch bei dieser Gattung sind Zwillinge häufig. Auch die Härte ist gleich, das specifische Gewicht der Augite etwas höher als das der Hornblenden, zwischen 3,2 und 3,5. Ihre chemische Zusammensetzung ist sehr ähnlich der der Hornblenden, auch bei ihnen kommen thonerdefreie und thonerdehaltige Varietäten vor; Fluor ist jedoch nicht in ihnen nachgewiesen worden. Während aber die Hornblenden vorwaltend Magnesiasilicate sind, haben die Augite mehr Kalkerde; sie haben nämlich 18—24 % Kalkerde und



12—17% Magnesia und oft sehr viel Eisenoxydul, das in einer Varietät, Hedenbergit, bis 26% beträgt! (Bischof.) Es giebt eine große Menge von Species, welche zu dieser Gattung „Augit" gerechnet, von Manchen jedoch auch als selbständige Gattungen aufgestellt werden. Außer dem gewöhnlichen Augit, der namentlich mit dem Labradorfeldspath zusammen im Augitporphyr und in vielen Laven auftritt, sind es die beiden Varietäten Hypersthen und Diallag, die ebenfalls mit Labrador als Hypersthenfels und Gabbro größere Gebirgsmassen zusammensetzen. Der Hypersthen steht in seinem großen Magnesiagehalte den Hornblenden näher; der Diallag enthält gewöhnlich neben dem Eisenoxydul noch etwas Manganoxydul.

Das Eisen, in zwei Verbindungsstufen mit Sauerstoff, welches schon in der Hornblende und den Augiten, in manchen Feldspatharten und Glimmern als häufiger Bestandtheil auftritt, kommt nicht selten in Gesteinen als wesentlicher Gemengtheil vor, nämlich als

6) Magneteisen. Regelmäßige Octaëder, oft zu Zwillingen verwachsen, von eisenschwarzer Farbe, kommen namentlich in vielen Chloritschiefern sehr häufig vor. Sie werden vom Magnete angezogen, daher ihr Name; die Härte ist gleich der des Feldspath; das specifische Gewicht etwas über 5; die chemische Zusammensetzung Eisenoxydul mit Eisenoxyd, Fe, $\overline{\overline{\text{Fe}}}$ *), oder 72,4% Eisen und 27,6% Sauerstoff. Es kommt in vielen Graniten, in Basalten oft in großer Menge vor und bildet an einzelnen Punkten der Erde große Massen und Lager für sich, z. B. am Ural, in Schweden, in Brasilien. Da es die Magnetnadel sehr stark anzieht, so lassen sich auch kleine Partikelchen desselben noch leicht nachweisen, wenn man eine frei schwebende Magnetnadel in die Nähe eines Gesteines bringt, in welchem sich Magneteisen befindet. Mit diesem Magneteisen tritt häufig auf

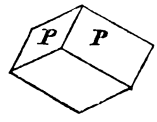



7) Eisenglanz. Er krystallisirt in Formen, wie sie die nebenstehende Figur zeigt, von denen die vorherrschenden Flächen P für sich allein ein s. g. Rhomboëder, wie die nächste Figur, bilden würden, dessen Katenwinkel 94°

*) $\overline{\overline{\text{Fe}}}$ bedeutet, daß auf zwei Atome Eisen drei Atome Sauerstoff kommen.

betragen, das also einem Würfel noch ziemlich ähnlich wäre. Er zeichnet sich durch seinen starken Metallglanz aus, woher sein Name kommt, ist meist dunkler als das Magneteisen, wenn man ihn ritzt („auf dem Striche") kirschroth, bis bräunlichroth, während das Magneteisen geritzt schwarz bleibt. Specifisches Gewicht und Härte sind ziemlich gleich der des Magneteisens, er ist nicht magnetisch und besteht aus reinem Eisenoxyd $\dot{F}\ddot{e}$ mit 70% Eisen und 30% Sauerstoff. Häufig kommt derselbe in sehr dünnen, schuppigen Massen vor, die man als s. g. Eisenglimmer aufführt, der z. B. in Brasilien fast ganz rein große Massen bildet, und in manchen Gneißen die Stelle des gewöhnlichen Glimmers vertritt. Während die bisher besprochenen Mineralien hauptsächlich als Gemengtheile verschiedener Gebirgsarten auftreten, mit anderen zugleich dieselben zusammensetzen, kommen die folgenden meistens für sich allein in größeren Massen vor, bilden allein, ohne andere, große Theile der Erdrinde. Vor Allem haben wir hier zu betrachten den

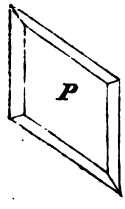
8) Kalkspath. Kein Mineral zeigt so viele und schöne Krystallisationsformen, als diese weit verbreitete, unseren gemeinen Kalkstein bildende Substanz. Die einfachste Form ist ein Rhomboëder, P, dessen Flächen sich unter Winkeln von 105° 5′ und 74° 55′ gegen einander neigen, das man sehr leicht aus allen Gestalten herausschälen kann, indem parallel den sämmtlichen Flächen desselben der Kalkspath sich sehr vollkommen und sehr deutlich spalten läßt. Im reinen Zustande ist er farblos, durchsichtig und eines der bekanntesten Beispiele für die sogenannte doppelte Strahlenbrechung, daher auch Doppelspath genannt. Seine Härte ist gering, mit einer Stecknadel ist er schon leicht zu ritzen; sein specifisches Gewicht zwischen 2,6 und 2,8. Die reinsten Varietäten bestehen nur aus kohlensauerem Kalk, $\dot{C}a\,\dot{C}$, mit 56% Kalkerde und 44% Kohlensäure; die meisten enthalten etwas Eisenoxydul oder Magnesia. Ein Tropfen einer Mineral-Säure treibt die Kohlensäure aus, die in Gasform entweicht und daher ein Aufbrausen im Tropfen verursacht. Die Krystalle liegen meist in den Kalksteinen so nahe aneinander, daß keiner zur rechten Ausbildung gelangen konnte und deßhalb das Gestein ein zuckerartiges, feinkrystallinisches Ansehen erhält, der sogenannte Marmor.



Oft erscheinen sie auch vollkommen unkrystallinisch, „dicht", wie unser gemeiner Kalkstein.

9) Der Bitterspath, auch Braunspath oder Rautenspath genannt. Dasselbe Rhomboëder, wie beim Kalkspath, nur um einen Grad in dem Winkel, den zwei Flächen mit einander bilden, von diesem abweichend, dieselbe Spaltbarkeit parallel den Flächen dieses Rhomboëders, dieselben physikalischen Eigenschaften lassen den Bitterspath oft ohne andere Prüfungsmittel als das Auge nicht von dem Kalkspathe unterscheiden. Er ist jedoch etwas härter als dieser, und hat ein etwas größeres specifisches Gewicht, 2,85—2,95. Die reinsten Varietäten sind eine Doppelverbindung von kohlensauerer Magnesia (Bittererde) mit kohlensauerer Kalkerde zu gleichen Theilen, also $(\dot{M}g + \dot{C}a)\,\ddot{C}$, was dem Gewichte nach 45,7% kohlensauere Kalkerde und 54,3 kohlensauere Magnesia giebt. Doch kommen sehr viele vor, in welchen dieses Verhältniß nicht genau eingehalten ist, insoferne aber nur abweicht, als die Kalkerde sich vermehrt; solche, in denen mehr Magnesia auftritt, sind nicht bekannt. Sie lösen sich etwas schwerer als Kalkspath, in Säuren auf, brausen daher auch nicht so lebhaft wie dieser, wenn sie mit Säuren benetzt werden. Die von diesem Minerale gebildeten Gesteine haben ebenfalls ein sehr verschiedenes Aussehen, und sind oft schwer von den Kalksteinen zu unterscheiden, im Ganzen jedoch viel weniger häufig als diese und oft unter sehr eigenthümlichen Verhältnissen auftretend, wie wir später sehen werden.

10) Der Gyps kommt ebenfalls häufig in großen, schönen Krystallen vor, deren häufigste Form die nebenstehende ist. Parallel den Flächen P ist er sehr leicht spaltbar; nach dem Glimmer läßt sich kein Mineral so leicht in so dünne Blättchen spalten, wie der Gyps. Oft vollkommen farblos und durchsichtig (sogenanntes Marienglas oder Fraueneis), zeigt er in manchen Varietäten verschiedene Nuancen von Roth, Gelb, auch graue, blaue und grüne Farben, jedoch seltener. Er hat Perlmutterglanz auf den deutlichsten Spaltungsflächen (faserige Stücke zeigen selbst sehr schönen Seidenglanz), besteht aus schwefelsauerer Kalkerde mit Wasser, $\dot{C}a\,\ddot{S} + 2\,\dot{H}$, und enthält 46,5% Schwefelsäure, 32,6 Kalkerde und 20,9 Wasser.



Er ist noch weicher als Kalk, mit dem Fingernagel ritzbar, und etwas leichter, sein specifisches Gewicht nur 2,2—2,4. Unter den Mineralien ist er verhältnißmäßig sehr leicht auflöslich (380—460 Theile Wasser lösen einen Theil Gyps), bildet für sich in dichten unkrystallinischen Massen an manchen Orten einen größern Theil der Erdrinde, z. B. am Südrande des Harzes, und begleitet häufig das Steinsalz. Es kommt auch zugleich mit diesem häufig vor

11) der Anhydrit, wasserfreie, schwefelsauere Kalkerde; seine Krystalle sind selten, meist rechtwinklig säulenförmig oder tafelartig; auch er spaltet sich nach einer Richtung noch leicht, weniger nach zwei anderen. Er ist eher etwas härter als Kalkspath und schwerer, sein specifisches Gewicht 2,9. Seine Krystalle zeigen Glasglanz, auf den deutlichsten Spaltungsflächen Perlmutterglanz und erscheinen meist etwas lichtblau, oder sonst trüb gefärbt. Der Anhydrit nimmt aus der Atmosphäre Wasser auf und verwandelt sich dadurch in Gyps, daher kommen in manchen Orten häufig Uebergänge von jenem in diesen vor.

12) Das Kochsalz. Es krystallisirt gewöhnlich in würfligen Massen und ist auch nach den Würfelflächen spaltbar. Es ist in reinem Zustande farblos, etwas härter als Gyps und von gleichem specifischen Gewichte, 2,25. Es besteht aus Chlornatrium mit 59,66 Natrium und 60,34 % Chlor (Na Cl), meistens enthält es jedoch Chlormagnesium, Chlorcalcium auch Chlorkalium beigemengt. Als sogenanntes „Steinsalz" kommt es in mächtigen Massen an vielen Orten der Erde vor, und zwar meist mit Anhydrit und Gyps in abwechselnden Lagen, und ist einer der am leichtesten in Wasser löslichen Stoffe, indem sich 26,8 % in demselben auflösen.

Außer diesen zwölf Mineralien kommen hie und da noch einige andere vor, welche als wesentliche Gemengtheile von Gesteinen auftreten. Diese Gesteine selbst sind aber von so localem Interesse und beschränkten Vorkommen, daß wir dieselben füglich übergehen oder das Nöthige über ihre Zusammensetzung angeben können, wenn wir von denselben aus anderen Gründen zu sprechen haben werden. Indem nun diese zwölf entweder eines für sich mit einer großen Masse von Individuen, oder in verschiedenen Combinationen zu 2, zu 3 u. s. f. zusammentreten, bilden sie eben die sogenannten Gebirgsarten, die darnach als einfache oder zusammengesetzte bezeichnet werden. Bei beiden können wir nach dem Zu-

stande, in welchem wir die Partikelchen derselben nebeneinander antreffen, krystallinische und dichte oder amorphe Gesteine unterscheiden, und als dritte Art hier noch die aus Fragmenten anderer zusammengesetzten, von Naumann klastische oder Trümmergesteine benannten, anfügen.

So leicht es in den meisten Fällen ist, mit dem bloßen Auge zu erkennen, ob ein Gestein ein einfaches oder zusammengesetztes sei, so schwierig, ja ohne künstliche Untersuchungsmittel unmöglich wird dieses manchmal, wenn die einzelnen Theilchen so fein werden, daß das Auge keinen Unterschied in der ganzen Masse erkennen kann, und ebenso oft tritt auch die krystallinische Structur bei microscopischer Kleinheit der Krystalle so in den Hintergrund, daß auch die Unterscheidung zwischen krystallinischen und amorphen Gesteinen keineswegs immer eine sichere ist. Es bedingen diese Verhältnisse die sogenannte Structur der Gesteine, d. h. „das durch die Form, die Größe, die Lage, die Vertheilung und die Verbindung der Gesteinselemente bedingte innere Gefüge derselben" *). Daß alle diese einzelnen, die Structur bedingenden Verhältnisse vielen Modificationen unterworfen sein, daß daher auch zahlreiche Modificationen in der Structur der Gesteine auftreten können, bedarf wohl keiner Erwähnung. Wir wollen daher hier nur kurz einige der am häufigsten vorkommenden Structurverhältnisse betrachten.

1) Körnige Structur. Die einzelnen Mineral-Individuen, dicht aneinander gelagert und dadurch eines das andre in der Ausbildung seiner Krystallform hemmend, sind ohne Ordnung durcheinander gemengt und gewachsen. Die einzelnen Individuen einer Gattung sind bei zusammengesetzten Gesteinen nicht zusammengehäuft und mit den anderen wechselnd, sondern in buntem, regellosen Gemenge durcheinander ausgebreitet. Ein und dasselbe Gestein enthält die Individuen von sehr verschiedener Größe; mit Ausnahme sehr vereinzelt vorkommender größerer Individuen, sind sie in der Regel wahre Körner, bald gröbere, bald feinere, von Zollgröße bis herab zu verschwindender Kleinheit. Der Granit hat immer diese Structur, die daher auch häufig als „granitische" bezeichnet wird.

*) Naumann, Lehrbuch der Geognosie I. 443.

2) Schalige oder ungleichartig schiefrige Structur. Bei zusammengesetzten Gesteinen kommt es vor, daß sich die einzelnen Individuen jeder Mineralspecies in größerer Menge zusammengehäuft haben und so lagenweise miteinander abwechseln, daß die einzelnen Lagen einander parallel gehen. Beim Zerschlagen des Gesteines trennt sich dasselbe meist in Schalen oder Platten, indem die verschiedenen Lagen der Mineralien sich von einander loslösen, weil meist nur einer der Bestandtheile es ist, welcher sich in zusammenhängenden plattenförmigen Massen zusammengefunden hat und zwischen seine Platten die übrigen Körner eingeschlossen hält. Es ist hauptsächlich der Glimmer, der, in Lamellen sich zusammenfindend, diese Structurform verursacht, z. B. beim Gneiße.

3) Schiefrige Structur (zum Unterschiede von der vorigen auch gleichartig schiefrige genannt). Alle Bestandtheile sind plattenförmig angeordnet, so daß beim Zerschlagen das Gestein in lauter parallele Lagen und Blätter zerfällt. Der gewöhnliche Dachschiefer bietet ein sehr charakteristisches Beispiel dafür. Sie ist unabhängig von der Schichtung der Gesteine (wiewohl sie gewöhnlich mit derselben zusammenfällt) was man am deutlichsten an solchen Schiefern sieht, bei denen die Richtung der Schieferung und der Grenzen der Schichten nicht zusammenfallen, z. B. horizontale Schichten a b in schräger Richtung sich schiefern, wie es die Linien d f angeben. Diese Art hat man transversale Schieferung genannt.

4) Porphyrstructur. In einer feinen, für das Auge gleichartig erscheinenden Grundmasse sind einzelne etwas größere Krystalle, a b, so eingeschlossen, daß sie rings von derselben umgeben sind. Der gewöhnliche Porphyr liefert hiefür das bekannteste Beispiel. Die Krystalle sind bald von einerlei Art, bald gehören sie verschiedenen Mineralspecies an, doch ist meist eine vorherrschend. Ihr Umfang ist sehr verschieden, von kleinen Körnern bis zu Fußgröße anwachsend.

5) Kugelige Structur. Sie ist in gewisser Beziehung ähnlich der Porphyrstructur. Es ist auch eine Grundmasse vorhanden, in welche Krystalle eingewachsen sind, aber diese liegen

nicht einzeln, sondern in concentrischen Gruppen und bilden so Kugeln. Die Grundmasse selbst kann wieder verschiedene Structuren haben, kann dicht, körnig porphyrisch sein, und meist haben dann auch die Kugeln eine ähnliche Beschaffenheit, d. h. sie sind gewöhnlich dicht in einer dichten, körnig in einer körnigen Grundmasse u. s. f. Sie kommt sehr verschiedenen Gesteinen zu, dem Granit, dem Diorit, Porphyr, Basalt u. a., in denen Kugeln von Eigröße bis zu 5 Fuß Durchmesser angetroffen werden, über deren Entstehung noch ein großes Dunkel herrscht.

Nicht immer sind die Gesteine compact, es bleiben bei vielen mehr oder weniger leere Zwischenräume, die bald als feine Poren, als Zellen, als Blasen und Höhlen auftreten und darnach spricht man auch von der *porösen*, *zelligen*, *blasigen* Structur u. s. f., wie man überhaupt eine Menge von Structurformen unterschieden hat, die theils keiner besonderen Erklärung bedürfen, theils von untergeordneter Bedeutung sind und daher füglich hier übergangen werden können.

Wenn wir die Structurverhältnisse, das innere Gefüge der Gesteine noch in kleinen Bruchstücken derselben untersuchen und erkennen können, so treten an denselben noch andere Merkmale auf, welche man nicht an kleineren Stücken, sondern nur im Großen, unmittelbar in der natürlichen Lagerung der Gebirgsarten wahrnehmen kann. Es ist dieses die Art und Weise, wie sich größere Massen eines Gesteines zu einander verhalten, wie sie von einander abgesondert sich zeigen, es sind die *Formen*, in welchen sie im Großen erscheinen. Im Allgemeinen bemerkt man sehr leicht, daß, wo sich auch ein Gestein in größerer Ausdehnung unseren Augen darbietet, selten Massen von etwas erheblicher Größe vorkommen, welche nicht Risse und Sprünge, kurz eine deutliche Trennung des Zusammenhanges ihrer einzelnen Theile wahrnehmen ließen, sich nicht in mehr oder weniger große Blöcke, oder Pfeiler, oder Bänke zerspalten zeigten. Diese Sprünge und Klüfte, welche die Gesteine durchsetzen, sondern nun manche derselben in regelmäßig geformte Stücke ab, andere werden unregelmäßig, oft zu ungeheueren Blöcken zertheilt. Es können diese Risse erst lange nach der Bildung des Gesteines, z. B. durch Erdbeben, entstanden sein, sie können mit dem Festwerden desselben sich eingefunden haben, wenn dasselbe z. B. nach und nach austrocknete, und dadurch sich spaltete, ähnlich

einem lehmigen Boden bei langer Dürre; oder sie waren von Anfang an vorhanden, wenn z. B. nach einer kürzeren oder längeren Pause auf ein bereits consolidirtes Gestein sich andere Massen auflagerten und mit diesem nicht fest sich verbanden. Man sieht aus den wenigen Beispielen, wie bedeutungsvoll die Gesteinsformen für die Beurtheilung werden können, auf welche Weise und unter welchen Umständen sich eine Felsart gebildet habe, und man hat sie nach diesen Absonderungsformen in zwei große Klassen getheilt, in *geschichtete* und *nicht geschichtete* oder *massige* Gesteine. Es sind diese beiden Formen die allerwichtigsten für die Geologie und namentlich sind es die Verhältnisse der *Schichtenbildung*, welche die wichtigsten Aufschlüsse über die Geschichte unserer Erde und über die Veränderung, welche dieselbe erfahren hat, zu geben vermögen.

Unter einer *Schichte* versteht man eine Gesteinsmasse, welche durch zwei einander vollkommen oder fast vollkommen parallele Flächen begrenzt ist, die bei einer sehr großen Ausdehnung nur einen geringen Abstand von einander haben. Der Abstand dieser beiden parallelen Flächen von einander giebt uns die *Dicke* oder die s. g. *Mächtigkeit* der Schichten, von denen man immer mehrere, oft unzählig viele übereinander antrifft, sämmtlich durch parallele Klüfte oder Fugen getrennt. Die einzelnen Schichten bestehen nun entweder aus einem und demselben Gestein, es liegen z. B. Hunderte von Kalksteinen übereinander, oder nach einer Reihe von solchen eines Gesteines kommt eine Reihe von gleichen Parallelmassen eines anderen, oder sie wechseln auch regelmäßig unter einander ab.

Auf welche Weise nun auch ein Gestein sich gebildet haben mag, zeigt es Schichtung, so läßt uns diese eine Discontinuität, eine Unterbrechung in der Ausbildung, desselben erkennen. Es entspricht nämlich jede einzelne Schichte einer besonderen ununterbrochen wirkenden Bildungsperiode, deren Dauer von ganz unbestimmter und sehr verschiedener Länge gewesen sein mag. Die Trennungsfläche zwischen je zwei derselben entstand durch die Unterbrechung in der Bildung, in der Ablagerung der Massen. Als einfachstes Beispiel hiefür können wir die Niederschläge großer Flüsse, welche einen Landsee durchziehen oder Ueberschwemmungen verursachen, ansehen. Die Sand- und Schlammmassen, welche

derselbe bei größerer Wasserfülle im Frühjahre nach dem Schmelzen des Schnees mit sich führt, sinken nach und nach in dem See oder außerhalb des Ufers bei Ueberschwemmungen zu Boden, wenn die Wassermenge wieder abnimmt, und bilden so eine mehr oder weniger dicke sedimentäre Schichte, deren Vergrößerung eben mit der Abklärung des Wassers, wenn der Strom wieder in sein gewöhnliches Bette zurückkehrt, aufhört. Treten im nächsten Frühjahre dieselben Verhältnisse des Steigens des Wassers wieder ein, so bildet sich eine neue, von der ersten gesonderte Schichte u. s. f. Kleinere Anschwellungen im Laufe des Jahres werden ebenfalls eine weniger mächtige Ablagerung veranlassen, und je nach der Regelmäßigkeit der Wiederholung solcher Ereignisse und nach der Großartigkeit derselben werden sich mehr oder weniger dicke, regelmäßig einander folgende Schichten ausbilden. Ganz ähnliche Verhältnisse werden sich auch an der Einmündungsstelle großer Flüsse vorfinden, die wir als s. g. Deltabildung später betrachten werden.

Wir haben hier diese mechanische Entstehungsweise nur als ein Beispiel für eine Art der Schichtenbildung gewählt, es ist dies aber durchaus nicht die einzige; es werden chemische Niederschläge auf dem Grunde von Seen und Meeren sich ebenso schichtenweise ablagern können, ja wir müssen selbst die Möglichkeit anerkennen, daß sich geschmolzene Massen in ähnlichen Formen ausbreiten, wenn z. B. zwei Lavaströme sich übereinander ergießen [4]).

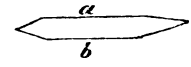
Die Verhältnisse, unter welchen die Schichten sich zeigen, sind nun außerordentlich verschieden. Sie sind theils ursprüngliche, wie sie die Schichten bei ihrer Bildung annehmen, theils später eingetretene, indem dieselben durch Einwirkungen, welche die schon gebildeten trafen, bedeutende Veränderungen erfuhren. Es ist daher ein genaues Betrachten dieser Verhältnisse von der größten Wichtigkeit, weil besonders auf ihnen die Schlüsse beruhen, welche man auf die Veränderungen der Erdoberfläche zu verschiedenen Zeiten gezogen hat.

Was zunächst die Mächtigkeit (Dicke) und die Ausdehnung der Schichten betrifft, so ist diese eine sehr verschiedene. Es giebt Schichten, welche kaum die Dicke eines Kartenblattes haben und wieder andere, welche 30, ja selbst 100 Fuß dick sind. Die meisten zeigen jedoch eine mittlere Dicke von 1—6 Fuß. Manchmal sind viele Hunderte von Schichten, alle von fast ganz

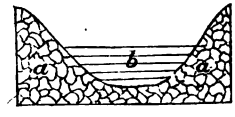
gleicher geringer Dicke und Beschaffenheit, übereinandergelagert, ein anderes Mal wechseln Schichten von sehr verschiedener Dicke und verschiedenem Aussehen mit einander ab. Man wird darnach leicht und sicher Schlüsse auf die Verhältnisse ziehen können, unter welchen jene sich bildeten, ob sie gleichmäßig sich wiederholten oder nicht u. s. f.

Die Ausdehnung oder Verbreitung der Schichten ist ebenfalls sehr verschieden; manche zeigen eine sehr geringe Ausdehnung, hauptsächlich wenn sie theilweise durch spätere Einwirkungen zerstört wurden, oder wenn sie von Anfang an nur einen geringen Raum zur horizontalen Ausbreitung hatten, wie dies z. B. der Fall war bei solchen, die sich auf dem Grunde von kleinen Seen und Buchten niederschlugen. Andere dagegen lassen sich über Tausende von Quadratmeilen verfolgen. Die gegenwärtige Begrenzung der Schichtenausbreitung sehen wir auf dreierlei Art erfolgen:

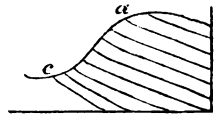
1) Die Schichte wird nach den Rändern zu immer dünner, so daß die beiden Seitenflächen a und b derselben endlich convergiren und sich schneiden. Diese Begrenzungsart heißt man die Auskeilung der Schichten.




2) Die Schichten b sind durch eine andere Gesteinsmasse a, an die sie sich anlagern, wie abgeschnitten; dies nennt man das Abstoßen oder Absetzen der Schichten.

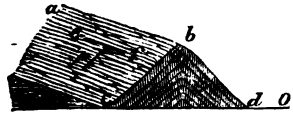



3) Die Schichten enden plötzlich mit unverringerter Mächtigkeit an der Oberfläche der Erdrinde. Man nennt den Querschnitt a c, den man auf diese Weise erhält, den Ausstrich oder das Ausgehende der Schichten. Sind dieselben stark geneigt, so nennt man ihre Enden a bis c die Schichtenköpfe.

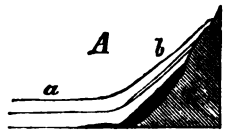



Von ganz besonderer Bedeutung ist die Lage der Schichten. Sehr viele und weit ausgedehnte liegen horizontal, ebenso oft findet man aber auch eine Abweichung von dieser Richtung, sie zeigen sich mehr oder weniger gegen den Horizont geneigt, selbst senkrecht stehend, manche sind selbst überschlagen, d. h. die frühere untere Fläche ist nun zur oberen geworden. Bei geneigten Schichten ist für den Bergmann sowohl, wie für den Geognosten die genaue Bestimmung der Richtung und Größe der Abweichung von der

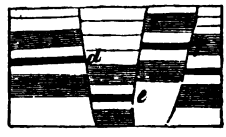
horizontalen Stellung von der größten Bedeutung. Wie die Lage jeder Ebene, so ist auch die jeder ebenen Gesteinsmasse genau bestimmt, wenn man die Lage zweier sich schneidender Linien in derselben kennt, und da die Neigungsverhältnisse der Schichten, der Winkel, welchen sie mit dem Horizonte machen, das Wichtigste ist, so hat man die Linie auf derselben, welche den Neigungswinkel angiebt (also die, welche der Faden eines Bleilothes anzeigt, das man an seinem oberen Ende auf die Schichte befestigt), als die eine derselben angenommen, als die zweite diejenige, welche senkrecht auf der ersten ist, also immer horizontal sein muß. Die erstere nennt man die Falllinie, die zweite die Streichungslinie. Das Fallen einer Schichte giebt uns den Winkel an, welchen jene mit dem Horizonte macht, das Streichen bestimmt sich nach der Richtung, welche diese in Beziehung auf die Himmelsgegenden hat. Hebt der Leser die eine Seite des aufgeschlagenen Buches etwas in die Höhe, während die andere auf dem Tische liegen bleibt, so geben ihm die Zeilen des Textes die Falllinie, während der Rand der Blätter ihm die Streichlinie der durch sie repräsentirten Schichten giebt. Bei dem Fallen muß man außer dem Winkel auch noch die Weltgegend angeben, nach welcher hin dieses Statt findet, indem dieses, wenn auch die Linie des Streichens angegeben ist, doch noch nach zwei Seiten hin möglich ist. Es sei z. B. a b ein Gebirgsrücken, und c b d ein Durchschnitt desselben, der uns die Lage der Schichten g h ꝛc. erkennen läßt; a b gehe nun gerade von Nord nach Süd, W und O bedeute West und Ost, so ist ersichtlich, daß auf der westlichen Seite des Abhanges die Schichten wie b c nach Westen, auf der östlichen Seite aber nach Osten zu fallen, auf beiden Seiten aber das Streichen in der Nordsüdrichtung Statt findet. Die Linie p unserer Figur giebt die Falllinie, e f die Streichungslinie an. Das Streichen einer Schichte bestimmt man mittelst eines Compasses; dieser ist jedoch bei den Bergleuten nicht in Grade, sondern in zweimal zwölf Stunden eingetheilt, die Nordsüdlinie ist mit zwölf bezeichnet, die Ostwestlinie mit sechs, Nordost-Südwest mit drei u. s. f. und darnach heißt z. B. die Schichten streichen in Stunde sechs, sie streichen von Ost nach Westen.



Nicht immer zeigt eine und dieselbe Schichte in ihrem ganzen Verlaufe gleiches Fallen und Streichen, manchmal ändert sich beides, manchmal nur eines. Es kommen




z. B. Schichten vor, welche lange horizontal verlaufen (a) und dann auf einmal eine geneigte Lage (b) erkennen lassen, namentlich wenn sie auf anderen Gesteinen (c) ruhen, welche eine geneigte Fläche darbieten. Dabei zeigt sich der Zusammenhang einer solchen Schichte nicht




gestört oder sie ist selbst zerrissen und ihre einzelnen Theile liegen in verschiedenem Niveau, d e f, man nennt dies eine Verwerfung der Schichte. Andere zeigen selbst einen wellenförmigen Verlauf, verschiedene Faltungen und Knickungen, wie z. B. r s t u,

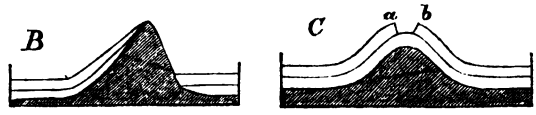
die oft außerordentlich schwer in ihrem Verlaufe zu verfolgen sind und namentlich beim Bergbaue bedeutende Schwierigkeiten machen, wenn man derartigen Windungen folgen oder gar bei Verwerfungen eine Schichte wieder von Neuem aufsuchen muß.

Die seltsamen Lagerungsformen der Schichten, für die wir eben einige Beispiele angeführt, haben von jeher die Bergleute und Geognosten vielfach beschäftigt. Man kam sehr bald darauf, dadurch die Schwierigkeiten zu beseitigen, daß man annahm, die Schichten seien nicht ursprünglich in der Art gelagert gewesen, wie wir sie jetzt antreffen, sondern seien erst späterhin in diese abnormen, wunderlichen Stellungen gekommen. Zur Erklärung derselben hat man nun verschiedene Arten von Schichtenstörungen angenommen.

1) Einfache Hebungen. Wir haben im VII. Kapitel schon verschiedene Beispiele für dieselben angeführt. Sie beruhen darauf, daß ein mehr oder weniger ausgedehnter Theil der Erdrinde in die Höhe gedrängt wird. Diese Emportreibung kann nun in verschiedenem Maaße und sehr verschiedener Ausdehnung Statt finden; die emporgehobenen Schichten können dabei ihre ursprüngliche Lage gegen den Horizont beibehalten und nach der Hebung ebenso gut horizontal gelagert sein, wie vor derselben. Es ist daher nur durch eine Vergleichung ihres Niveaus mit dem gleicher Gebilde

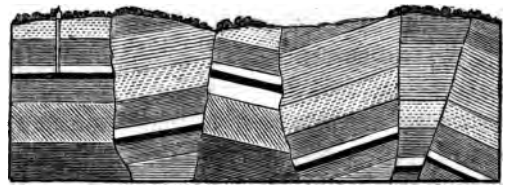
an benachbarten Orten, welche es uns möglich macht, eine Hebung derselben zu erkennen, wie dies eben im VII. Kapitel weiter auseinandergesetzt wurde.

2) Schichtenaufrichtung. Man sieht sehr häufig, daß weit ausgedehnte Schichten, die lange horizontal gelagert sind, plötzlich ein sehr bedeutendes Ansteigen erkennen lassen, oft an ihrem Ende, wie in der Fig. A. p. 332, oft mitten in ihrem Verlaufe, indem sie später wieder horizontal fortsetzen, wie Fig. B und C, wobei eine Aufrichtung nur nach einer Seite (B), oder




nach beiden hin (C) eintreten kann. In dem letzteren Falle kommt es zu einer mehr oder weniger bedeutenden Zerreißung der Schichten, wenn dieselben aus festen, unnachgiebigen Massen bestehen, und es entsteht eine Vertiefung zwischen a und b, welche ein wahres Thal bilden kann, soferne die Schichten einigermaßen dick und viele derselben zerrissen sind, ein s. g. Zerreißungsthal.

3) Schichtenverwerfung. Sie tritt nach Hebungen ein, in deren Gefolge eine ausgedehnte Schichtenreihe mehrfach zersprengt und in einzelne eisschollenartige Massen verwandelt worden ist, die in ungleiches Niveau gebracht sind. Namentlich bei Verfolgung der Steinkohlenlager hat man derartige Verwerfungen außerordentlich häufig angetroffen. Die folgende Figur stellt eine solche dar, wie sie im Steinkohlenreviere von Auckland in Durham vorkommt.



Es ließen sich Hunderte von Beispielen aus allen Formationen für ein derartiges Zerrissensein einer Schichtenreihe und Auftreten derselben in verschiedenem Niveau anführen. Das eine Beispiel mag vorläufig genügen.

4) Faltung und Knickung der Schichten. Auch hiefür

haben die Arbeiten auf Steinkohlen eine große Anzahl von Fällen erkennen lassen, die zum Theil nur auf kleinere Strecken, zum Theil auf eine sehr beträchtliche Längenausdehnung sich erstreckten. Die folgende Figur zeigt z. B. einen Durchschnitt durch einen Theil des Steinkohlenlagers von Mons, der in dieser Weise im Zickzack

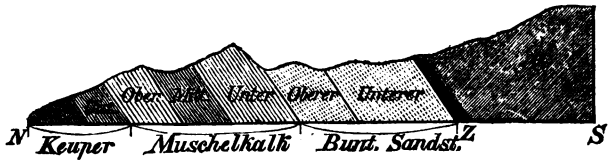
gebogen und geknickt ist. Man hat berechnet, daß wenn die untersten Schichten in ungeknicktem Verlaufe fortgegangen wären, sie in einer Längenausdehnung von 50,000 Fuß sich erstreckt hätten, ihr nördliches und südliches Ende so weit von einander entfernt sein würden, während sie jetzt nur 28,000 Fuß weit reichen. In noch größerem Maßstabe sehen wir eine derartige Faltung in den Alleghanies, die nach den Gebrüdern Rogers folgenden Durchschnitt haben:

Die Zahlen gehen von 1, als den jüngsten Tertiärbildungen, zu den ältesten, den silurischen Bildungen 7, und Gneiß fort, und bedeuten:

1) Jüngere } Tertiärgebilde.
2) Aeltere }
3) Kreideformation.
4) Neuer rother Sandstein.
5) Steinkohlenformation.
6) Devonische Formation.
7) Silurische Formation.
8) Gneiß, Glimmerschiefer ꝛc.

5) Ueberstürzung der Schichten. In Folge von sehr starken Hebungen oder Faltungen ereignet es sich, daß die untere Fläche eines Schichtencomplexes zur oberen wird, daß also ältere Schichten auf jüngeren zu liegen kommen. Unsere vorige Figur giebt uns schon ein derartiges Beispiel. Gehen wir bei Betrachtung derselben von Westen nach Osten, so sehen wir überall die normale Lagerung der verschiedenen Gebilde; die jüngere devonische

G liegt bei D auf der älteren ſiluriſchen 7 u. ſ. f. Bei C ſehen wir aber die Faltung ſo ſtark, daß, während bei i noch die natürliche Lage ſich findet, bei K die devoniſche (6) auf der Kohlenformation (5), und auf der devoniſchen die ſiluriſche (7) erſcheint, die älteren alſo auf den jüngeren aufgelagert ſich zeigen. An dem Nordrande des Harzes finden ſich ähnliche Beiſpiele von überſtürzten Schichten. Die Altersfolge der dort vorkommenden iſt die, daß nach den Grauwackenſchiefern (G) der Zechſtein (Z) das älteſte, der Keuper das jüngſte Gebilde iſt, ſie ſind aber dort überſtürzt, ſo daß ſie z. B. am Horſtberge bei Wernigerode folgendes Profil zeigen, wo auf dem jüngeren Keuper der ältere Muſchelkalk, auf dieſem die noch älteren Gebilde des bunten Sandſteines und Zechſteines (Z) liegen.



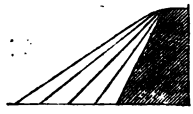

Wir haben die mancherlei Erſcheinungen, welche die Schichten in Beziehung auf ihre Lage darbieten, hiemit dargeſtellt, ohne uns weiter auf den Mechanismus einzulaſſen, durch welchen dieſelben wohl hervorgerufen ſein mögen. Schon der Name jedoch, den die verſchiedenen Arten derſelben tragen, giebt zu erkennen, welche Theorie man zur Erklärung dieſer Erſcheinungen geſchaffen hat, wie es ſich ſchon in dem Ausdrucke Schichtenſtörung auf das beſtimmteſte ausſpricht. Man wird ſich wohl denken können, daß dieſe Erſcheinungen ebenſo wie die über die ſcheinbaren Veränderungen des Meeresniveaus an verſchiedenen Küſten, aus denen man Hebungen und Senkungen des Feſtlandes nachgewieſen hat, vielfach discutirt und da ſie von den Plutoniſten ſtets als ein Beweis der großartigen, zu allen Zeiten aus dem Innern der Erde nach aufwärts zu wirkenden vulkaniſchen Kräfte angeführt wurden, von den Neptuniſten beſtritten, geläugnet und anders gedeutet worden ſind, wiewohl gerade auch hier wieder ſich auf das deutlichſte zeigt, wie man ſich mit der neptuniſtiſchen Theorie alle Wege zu einer irgendwie befriedigenden Erklärung der Erſcheinungen des Gebirgsbaues verſchließt und dieſelben als unerklärliche auf ſich

beruhen lassen muß. Leider hat auch hierbei wieder der Feuereifer der Plutonisten sich viele Uebertreibungen zu Schulden kommen lassen, welche die Neptunisten als Waffen gegen ihr Gegner gar wohl zu gebrauchen verstanden. Es gilt dies namentlich in Beziehung auf die Aufrichtung der Schichten. Man ging nämlich eine Zeit lang so weit, daß man jede geneigte Schichte für eine aufgerichtete erklärte, wodurch man freilich oft sehr große Irrthümer als nothwendige Consequenzen davon mit annehmen mußte. Wir wollen diese sowie die übrigen Schichtenstörungen und deren Mechanismus, sowie die Beweise für die Wirklichkeit solcher Störungen hier kurz erörtern.

Was die Hebungen betrifft, so brauchen wir nicht weiter hier auf dieselben einzugehen, da sie im VII. Kapitel ausführlich besprochen wurden. Die noch jetzt zu den am heftigsten bestrittenen Punkten gehörende Erscheinung sind die geneigten Schichten.

Während auf der einen Seite von Manchen jede geneigte Schichte als eine aufgerichtete betrachtet wird, wollen dagegen von der anderen Seite Viele nur ganz ausnahmsweise eine später eingetretene Veränderung der Lage und hier eine Senkung als Ursache derselben einräumen. Jede dieser beiden Behauptungen, ganz allgemein ausgesprochen, ist unrichtig. Es giebt offenbar viele Schichten, welche sich ursprünglich in geneigter Lage gebildet haben, aber ebenso viele und noch mehr, welche, ursprünglich horizontal abgelagert, erst später in eine geneigte Lage versetzt wurden. Es kommt nun für jeden speciellen Fall auf eine genaue Untersuchung an, ob die Neigung eine ursprüngliche oder eine später eingetretene ist. In beiden Fällen werden wir nämlich verschiedene Erscheinungen wahrnehmen. Geneigte Schichten können sich nur auf einer geneigten Unterlage bilden, also z. B. am Ufer eines Sees, des Meeres, wo das Land ein allmähliches Hinabsenken unter das Wasser erkennen läßt. Werden z. B. von einem Flusse Schlamm und feiner Sand über einen solchen Abhang in ein tieferes Becken geführt, so lagert sich derselbe in geneigten Schichten ab; dabei bemerkt man jedoch eine nicht überall gleichbleibende Dicke derselben, wie es die genaueren Untersuchungen der verschiedenen Deltabildungen in Schweizer Seen haben deutlich erkennen lassen, und wie es auch mechanisch nicht anders möglich ist, indem die Schnelligkeit des Wassers, von der die Fortbewegung

und die Menge der Schlamm- und Sandtheilchen abhängt, mit der Entfernung vom Ufer abnimmt, und von der Menge jener wieder die Dicke der Schicht bedingt ist. Ebenso ist auch die ursprüngliche Neigung des Bodens in diesem Falle von wesentlichem Einflusse; ist dieselbe sehr steil, so können sich die Theilchen nicht auf der steilen Unterlage erhalten, sondern rollen auf den Grund übereinander hinab und bilden dort weniger geneigte, nach unten dicker werdende Schichten. So wenig man

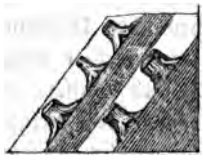


lockeren Sand so aufschütten kann, daß er eine fast senkrechte Wand bildet, ebenso wenig können fast senkrechte Schichten von sedimentären Gebilden in dieser Stellung entstanden sein. Es ist nicht möglich, im Allgemeinen den Winkel zu bestimmen, bei welchem sich geneigte Schichten von ziemlich gleicher Dicke bilden können. Die Feinheit und Oberflächenbeschaffenheit der Theilchen, die Schnelligkeit der Bewegung derselben, die mehr oder weniger allmählich und in Pausen vor sich gehende Ablagerung derselben sind dabei von sehr großem Einflusse. Nach den Versuchen von Rozet scheint die Grenze für die Bildung paralleler, an Dicke sich gleichbleibender Schichten bei einer Neigung von 30° zu sein[5]).

Diese Betrachtungen und Gesetze gelten jedoch nur für mechanisch gebildete Schichten; für solche, welche chemischen Ursprungs sind, d. h. als chemische Niederschläge sich aus dem Wasser ausgeschieden haben, sei es durch Verdunstung der nöthigen Wassermenge oder durch chemische Fällung, gelten diese Grenzen der Neigung nicht. Namentlich für solche Gebilde, welche muthmaßlich äußerst langsam sich auf diese Weise gebildet, welche in deutlich krystallinischen Massen sich ausgeschieden haben, müssen wir die Möglichkeit zugestehen, daß sie auch noch in viel steilerer Lage in parallelen Schichten sich übereinander ablagern konnten, indem eben das langsame Ausbilden der einzelnen krystallinischen Massen ein festes Anhaften an die früher vorhandenen, ein förmliches Verwachsen mit denselben möglich machte, wodurch diese vom Hinabgleiten auf der steilen Unterlage geschützt blieben; ja für viele derselben müssen wir geradezu die Unmöglichkeit einer späteren Aufrichtung aussprechen[6]). Die dicken Ueberzüge von Tropfsteinmasse an selbst senkrechten Wänden und an den Decken von Höhlen in Kalksteingebirgen geben uns den allerbesten Beweis für die

Möglichkeit, daß ſehr ſteil geneigte, ja ſenkrechte Schichten bei langſamem kryſtalliniſchem Ausbilden derſelben eine auf der andern ſich abſcheiden konnten. Wir müſſen daher zugeſtehen, daß für alle nicht auf mechaniſchem Wege gebildeten Schichten erſt Beweiſe dafür beigebracht werden müſſen, daß ſie wirklich durch eine ſpätere Einwirkung in die geneigte Lage gebracht worden ſind, in welcher wir ſie antreffen, und daß die Neigung einer Schichte allein nicht hinreichend iſt, einen Schluß auf eine Aufrichtung derſelben zu geſtatten. Dieſe Beweiſe ſind in den meiſten Fällen wohl auch zu finden, und ſie zeigen uns, daß die Aufrichtung der Schichten eine zu allen Zeiten der Erdbildung außerordentlich häufig eintretende Erſcheinung geweſen iſt.

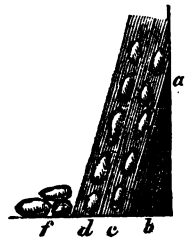
Sehr ſchlagende Argumente für die urſprüngliche horizontale Lage von Schichten und ſpäter eingetretene Neigung derſelben, liefern uns z. B. die in denſelben eingeſchloſſenen fremdartigen Maſſen, ſeien es nun Verſteinerungen von Pflanzen und Thieren oder Rollſtücke von anderen Geſteinen. Man trifft unter anderem in Schichten, welche ſich in früheren Perioden gebildet haben, noch Reſte von Baumſtämmen in ihrer natürlichen Stellung, ſenkrecht auf der Schichtfläche, aber geneigt gegen den Horizont, wie



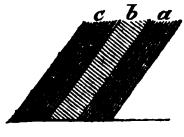
nebenſtehende Figur zeigt. Da wir nun gegenwärtig auch auf den ſteilſten Abhängen Bäume nie anders als in ſenkrechter Stellung antreffen, der Boden, auf dem ſie ſtehen, mag horizontal oder geneigt ſein, ſo wird wohl Niemand die Behauptung beſtreiten wollen, daß auch in früheren Zeiten die Bäume ſenkrecht gewachſen ſeien, und daß, wo wir ſie in einer andern Richtung antreffen, ſie erſt ſpäter mit dem Boden, auf dem ſie eingewurzelt ſtehen, in dieſe geneigte Lage gebracht worden ſeien. Aehnliche Beweiſe liefern uns auch oft Korallen und gewiſſe Muſcheln, die ebenfalls durch ihre Stellung in nicht horizontalen Schichten anzeigen, daß dieſe erſt nach dem Abſterben der Thiere in dieſelbe gebracht worden ſeien, indem auch dieſe Organismen ſtets eine ſenkrechte Richtung annehmen.

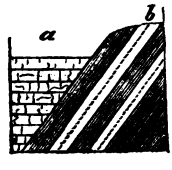
Sauſſure ſchon machte darauf aufmerkſam, daß in gewiſſen ſtark geneigten Schichten der Alpen große Rollſteine eingeſchloſſen ſeien, die unmöglich bei ſolcher urſprünglichen Lage derſelben in der

Weise sich hätten erhalten können, wie wir sie darin eingebettet finden. Es wird bei Betrachtung der Figur Jedem einleuchten, daß, wenn a b die Richtung der Unterlage für c d von Anfang an gewesen wäre, wir die Steine nimmermehr in dieser Lage finden würden, sondern daß sie in einem Haufen übereinandergerollt an dem unteren Ende der Schichten sich angesammelt haben müßten, und daß ihre flache, breite Seite dann ebenfalls nicht parallel der Fläche a b gehen könnte, sondern daß sie senkrecht nach unten stehen müßte, wie bei f.



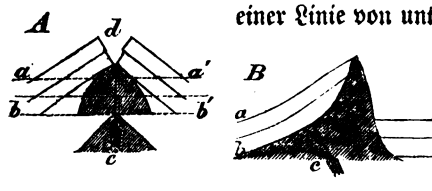

Sehen wir mit solchen Schichten, welche uns derartige Beweise liefern, daß sie aufgerichtet sind, andere abwechseln, welche jenen stets parallel laufen und zwischen sie eingeschlossen sind, so giebt uns das ebenfalls einen Beweis, daß sie dasselbe Schicksal der Aufrichtung mit jenen zugleich erlitten haben, auch wenn wir an ihnen selbst keine anderen finden; d. h. kann ich aus der Beschaffenheit von a und c Beweise hernehmen, daß sie gehoben und aufgerichtet sind, so ist dasselbe damit für alle zwischen a und c etwa liegenden Schichten erwiesen. Daß sich wirklich auch auf geneigter Unterlage die späteren Schichten horizontal abgesetzt haben, dafür haben wir an vielen Orten die deutlichsten Kennzeichen, indem man sehr häufig Schichten verschiedenen Alters in sogenannter discordanter Lagerung, d. h. einander nicht parallel, antrifft, wie z. B. die Schichten a auf den Schichten b. Kennt man das Alter der Schichten b und a, so kann man daraus zugleich einen Schluß auf die Zeit machen, in welcher sich die etwaige Aufrichtung von b ereignete; es muß offenbar früher geschehen sein, als a sich ablagerte, sonst hätte dies auch mit aufgerichtet werden müssen. Die Periode der Lageveränderung von b ist in um so engere Grenzen eingeschlossen, je weniger verschieden a und b dem Alter nach sind, und um so unbestimmter, je größer der Zeitraum ist, der zwischen der Bildung beider gelegen ist. E. de Beaumont hat darnach ein ganzes



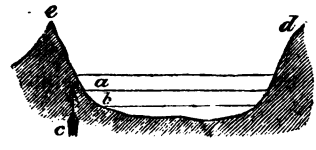



System über die verschiedenen Hebungen auf der Erdrinde aufgestellt, auf das wir später ausführlicher eingehen werden.

Es sind die einfachen Hebungen und Aufrichtungen von Schichten eigentlich die einzigen Arten von Lagerungsstörungen derselben, welche bestritten und verschieden gedeutet werden können. Es wird wenigstens weder bei den Verwerfungen, noch bei den Faltungen und Ueberstürzungen, wie wir sie oben dargestellt haben, irgend ein Mensch behaupten wollen, daß sich diese so gestalteten Schichten in dieser Stellung gebildet hätten und noch in ihrer ursprünglichen Lagerung befänden. Daß dieselben eine mechanische Verrückung ihrer Lage erlitten haben, diese Ueberzeugung drängt sich Jedem auf, der nur einen Blick auf dieselben wirft, es fragt sich nur noch wie? und wodurch? Wir haben schon im Kap. VIII. ausgesprochen, daß die noch jetzt auf der Erde vor unseren Augen Statt findenden sogenannten vulkanischen Erscheinungen uns eine Kraft kennen lehrten, welche ihnen allen zu Grunde liege, aus der auch die früheren Niveau- und Lageveränderungen von Theilen der festen Erdrinde sich erklären lassen, und wollen nun hier zeigen, wie von dieser aus dem Inneren der Erde herauswirkenden Gewalt die bisher erörterten „Schichtenstörungen" hervorgerufen werden können, wobei wir ganz im Allgemeinen als ein mechanisches Problem diese Erscheinung in's Auge fassen. Es sei a b eine Reihe übereinandergelagerter Massen, so ist offenbar, daß, wenn eine andere c von unten andrängt, folgende verschiedene Fälle eintreten können: 1) Die Masse c wirkt gleichmäßig mit einer großen Fläche auf die untere Seite von b, es erfolgt eine einfache Emporhebung. 2) Sie wird mit großer Gewalt, allenfalls unter heftigen Erschütterungen gegen b getrieben, der Zusammenhang von a und b wird aufgehoben, dasselbe wird zertrümmert, es erfolgt eine Verwerfung. 3) Die Gewalt von unten wirkt mehr keilförmig in der Richtung einer Linie von unten nach oben und treffe bei c die Schichten a a', b b'; diese werden nun in der Richtung c d in die Höhe getrieben; und zwar werden beide Hälften von a b gleichmäßig gehoben, wenn die andrängende Masse c in

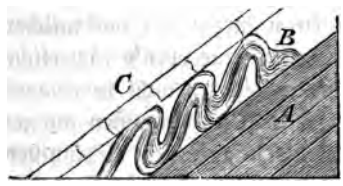


senkrechter Richtung wirkt (A) und der Widerstand beider Schichtenseiten a a' gleich ist; wirkt die Gewalt etwas schräg (B), so kann nur eine Seite allein in die Höhe getrieben werden oder wenigstens die eine mehr als die andere. Sind die Massen a b fest und unnachgiebig, so werden sie dabei immer zerreißen und in dem Falle A bei d ein sogenanntes Zerreißungsthal bilden. 4) Denkt man nun die von unten andringende Gewalt in etwas schräger Richtung, wie in B, stark nach oben wirkend, so wird a d immer steiler und steiler geneigt, dann senkrecht und wenn die Wirkung noch länger anhält, endlich übergestürzt werden. 5) Man denke sich eine geschichtete Masse a b an beiden Enden von anderen Massen e d gleichsam eingeschlossen und es schiebe sich von unten her etwa bei c eine andere ein, so wird diese auf a b einen seitlichen Druck ausüben und dadurch diese Schichten gegen d zudrängen, wobei sie nothwendig geknickt und im Zickzack gebogen werden und etwa folgende Gestalt annehmen müssen, wie dies z. B. auch die Figur auf p. 334, welche einen Theil des Steinkohlenwerkes von Mons darstellt, erkennen läßt.



Man kann sich alle diese Verhältnisse sehr gut anschaulich machen, wenn man einige Lagen von Thon übereinander schichtet, und in den verschiedenen angegebenen Weisen auf dieselben eine Gewalt ausübt; es ist wenigstens die Möglichkeit der verschiedenen Arten von Schichtenstörungen durch von unten andrängende Massen, als eine mechanisch gar nicht schwierige, leicht zu erweisen.

In sehr vielen Fällen mag die Aufrichtung einer festen Gesteinsmasse auch eine Senkung oder ein Hinabgleiten anderer auf ihrer Masse liegenden Gebilde veranlaßt und manche Faltungen mögen sich auch auf diese Weise zugetragen haben. Naumann macht dieses durch folgende Betrachtung anschaulich: Man denke sich A sei ursprünglich horizontal gelagert gewesen und bereits feste geworden, als sich B ebenfalls



in horizontalen Massen auf A ablagerte, und über B wiederum C. War nun B noch etwas nachgiebig, schlammartig, als A aufgerichtet wurde, so rutschte es auf dieser schiefen Ebene herab und nahm dabei derartige Falten und Windungen an. War über B eine andere, C, welche ebenfalls wie A fest war, so folgte diese der hinabgleitenden Masse B, ohne jedoch wie diese sich falten zu können. Sie wird nur am Ende C über den horizontal gebliebenen Theil der Schichten hinübergeschoben sein. Erfolgte später wieder ein Zurücksinken von A in die horizontale Lage, so wird auch B wieder in diese gekommen sein, ohne jedoch dabei seine Faltung wieder zu verlieren, und man sieht daraus, wie selbst gefaltete Schichten, die wir zwischen zwei horizontalen Massen eingeschlossen finden, doch keine ursprüngliche, sondern eine durch spätere Störungen bewirkte derartige Veränderung erlitten haben können. Daß wir dabei eine solche Beweglichkeit, einen noch nachgiebigen Zustand sedimentärer wässriger Gebilde annehmen, wird ein Neptunist, der einen solchen „festweichen Zustand" für die ganze Erdmasse in Anspruch nimmt, gewiß am allerwenigsten als unstatthaft bezeichnen können, und wir haben uns nur noch gegen einen Einwurf oder vielmehr gegen eine Supposition von jener Seite zu verwahren. Wenn man auf die vulkanischen Erscheinungen, als Analoga der erwähnten und auf die vulkanische Kraft als Ursache derselben hinweist, so fassen sie dieselben im engsten Sinne, haben nur die gewaltsamen Eruptionen der eigentlichen Vulkane oder die Erdbeben im Auge, die freilich in ihrer convulsivischen, plötzlich und rasch vorübergehend auftretenden Kraftäußerung nie solche Erscheinungen hervorbringen, wie wir sie unter den Schichtenstörungen aufgeführt haben. Ganz anders wird es aber, wenn wir eine sehr langsam und anhaltende Wirkung dieser Gewalt annehmen, in ähnlicher Weise, wie wir es bei der anhaltenden Hebung von Schweden wahrnehmen. Daß eine ganze Gebirgskette, wie die Alpen, auf einmal durch einen kurzen Act vulkanischer Thätigkeit erhoben worden sei, wäre freilich eine ebenso lächerliche als mit den Erscheinungen, welche sie darbieten, nicht vereinbare Annahme, die wohl hie und da von einem Ultraplutonisten ausgesprochen worden sein mag, und mit Recht von den Neptunisten verworfen wird, ebenso aber auch von den Plutonisten selbst, denen eine derartige Uebertreibung gleich absurd erscheint, als jenen.

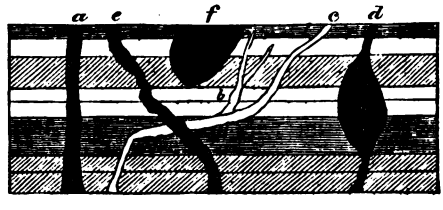
Es ist nun aber offenbar, daß eine langsam und anhaltend wirkende Kraft von ganz anderen Erscheinungen begleitet sein muß, als eine heftig und einmal wirkende. Ich kann einen Sandhaufen auf einem Brette ganz gut in die Höhe bringen, ohne daß auch nur ein Körnchen davon herabrollt, wenn ich ihn langsam emporhebe; führe ich dagegen einen heftigen Schlag von unten gegen dasselbe, so wird das Brett wohl in dieselbe Höhe geschleudert, aber der Sand wird in bedeutende Unordnung gerathen und rings herum zerstreut werden. So mögen manche Erscheinungen, die durch eine heftige Bewegung unerklärlich sind, durch Annahme einer stetig wirkenden das Befremdende verlieren, was sie unter Voraussetzung jener noch haben.

Wir haben bisher immer nur von unten andrängenden Massen gesprochen, ohne uns weiter darauf einzulassen, welcher Art dieselben seien. Es ist dies für den Mechanismus der Schichtenstörungen auch vollkommen gleichgültig, es können feste Massen sein, die, von unten heraufgedrängt, auf die ober ihnen liegenden wirken, es können auch flüssige sein, die, ähnlich wie die Lava der Vulkane, aus dem Inneren der Erde heraufgepreßt wird; es können selbst nur Dämpfe und Gase gewesen sein, welche die Schichten stellenweise zerrissen und verworfen haben, doch wird durch diese letzteren wohl in den seltensten Fällen eine bleibende Störung veranlaßt worden sein, indem diese nach Entweichung der Dämpfe und Gase wieder in ihr früheres Niveau zurücksanken; doch scheinen die in Folge von Erdbeben wahrgenommenen Hebungen, wie wir sie Kap. VII. erörterten, für eine solche Möglichkeit zu sprechen. Sind es aus dem Inneren heraufgedrängte flüssige Massen gewesen, welche jene Schichtenstörungen veranlaßten, so können dieselben entweder sämmtliche über ihnen liegende Gebilde durchbrochen haben und auf der Oberfläche zum Vorschein gekommen sein, oder sie können auch nur einen Theil derselben zerrissen haben, in verschiedener Weise zwischen dieselben eingedrungen, aber doch noch unter der Oberfläche versteckt geblieben sein, so daß wir sie nur aus ihren Wirkungen, die sich bis auf die obersten Schichten erstreckten, erschließen, aber nichts weiter über ihre Natur und Beschaffenheit aussagen können. Wenn wir daher auch den letzten Grund der Schichtenstörungen in der vulkanischen Kraft des heißen Erdinnern kennen, so ist uns doch nicht immer so zu sagen der

Hebel bekannt, mittelst welches jene Kraft diese mechanische Wirkung ausübte, und es sind namentlich auch in dieser Beziehung eine Menge falscher Schlüsse gemacht worden, die ebenfalls wieder zu den heftigsten Discussionen zwischen Neptunisten und Plutonisten Veranlassung gegeben haben, indem letztere nur gar zu oft ein Gestein, welches sie zwischen gestörten Schichten in Spalten derselben fanden, als die Ursache dieser Störung und als ein im flüssigen Zustande eingedrungenes ansahen. Ehe wir uns jedoch in diese Untersuchungen einlassen, wird es nöthig sein, eine Betrachtung der Lagerungsverhältnisse dieser verschiedenen Gesteine im Allgemeinen anzustellen und eine Beschreibung derselben zu geben.

Man hat die sämmtlichen hierher gehörigen Gebirgsarten zum Unterschiede von den geschichteten als ungeschichtete oder s. g. massige Gesteine [7]) unterschieden. Während jene meist in horizontaler Ausbreitung und in sehr großer Ausdehnung von gleichförmiger Dicke, eines über dem andern gelagert, auftreten, sind diese meistens mehr in verticaler Richtung ausgebildet, zeigen keine parallelen Begrenzungsflächen, durchkreuzen sich manchmal, setzen durch eine große Reihe von Schichten hindurch, welche oft von sehr verschiedenem Alter sind, finden sich theilweise zwischen dieselben eingeschoben, lassen meist nur nach oben hin ihr Ende erkennen, während sie nach unten in unerreichbare Tiefen sich erstrecken, und im Allgemeinen als Ausfüllungsmassen ungeheuerer Spalten, welche die Erdrinde in verschiedenen Richtungen durchsetzen, sich zu erkennen geben. Es lassen sich an diesen massigen Gesteinen folgende Formen ihrer Lagerung wahrnehmen:

1) Gänge. Man versteht darunter das Auftreten von Massen, welche andere, sie begrenzende in schräger, oft wechselnder Richtung durchsetzen und sich deutlich als Ausfüllungen von Spalten in diesem „Nebengesteine des Ganges" zu erkennen geben. Ihre Formen und ihre Richtungen sind außerordentlich verschieden, oft erscheinen sie von gleichmäßiger Dicke und senkrecht, wie bei a, oft wechseln sie ihre Richtung, c, geben Nebenzweige ab, b, hie und da durchkreuzt einer den anderen, e, oft ist



ihre Form unregelmäßig, wie d. Sind sie nicht senkrecht, so giebt man auch bei ihnen ihre Richtung nach dem Fallen und Streichen an, gerade wie bei den Schichten. Ebenso verschieden ist auch das Material, aus welchem diese Gänge bestehen, oft ist es eine Gesteinsart, welche die Spalten ausfüllt, oft sind sie von verschiedenen Mineral- und Erzmassen gebildet und namentlich die letzteren, die s. g. Erzgänge, sind es, welche hauptsächlich in den Bergwerken verfolgt und ausgebeutet werden. Tritt die Längenausdehnung im Verhältniß zu den übrigen Dimensionen immer mehr zurück; wie z. B. bei d, so nennt man dieses einen Gangstock, welche so den Uebergang bilden zu den

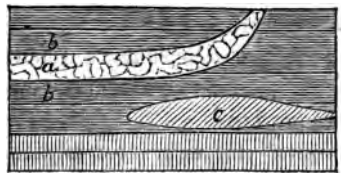
2) Stöcken. Man versteht darunter eine mehr oder weniger nach allen drei Dimensionen ausgedehnte Gesteinsmasse, welche wie die Gänge in einem anderen eingebettet sind und dasselbe ebenso durchsetzen, wie diese. Ihre Form ist meist eine rundliche, f der vorigen Figur, linsen- oder eiförmige, auch keilförmige, doch kommen auch ganz unregelmäßig geformte Stöcke vor. Namentlich diese letzteren haben oft ganz erstaunliche Dimensionen, bis zu mehreren Meilen, und werden von Naumann typhonische Stöcke genannt. Auch von ihnen gehen oft Zweige in das Nebengestein aus.

3) Kuppen. Ueber die übrigen Gesteine erhebt sich ein massiges, ungeschichtetes, in der Form eines Kugelsegmentes, oder in kegel- auch glockenförmiger Gestalt und zwar unter Verhältnissen, welche diese Form als eine ursprüngliche, von diesem Gesteine bei seiner Bildung angenommene erkennen lassen, was sich namentlich aus den Structurverhältnissen[8]) der Kuppe und dem Zusammenhange mit in die Tiefe setzenden Gängen zu erkennen giebt. Auch die Kuppen haben sehr verschiedene Dimensionen,

doch sind die regelmäßigeren meist von geringerem Umfange. Hauptsächlich Basalte, Phonolithe, Porphyre, Trachyte und Grünsteine lassen diese Formen erkennen. Solche zeigen auch viele geschichtete Gesteine an verschiedenen Orten, doch sind dieselben meist secundäre Erzeugnisse, durch spätere Einwirkung des Wassers hervorgebracht, Reste von Ablagerungen, die früher eine viel größere Ausdehnung in anderer Form hatten. Auch massige Gesteine selbst sind oft secundär in Kuppenform gebracht worden, so daß es nicht

immer möglich ist, zu entscheiden, ob man es mit einer secundären oder primären Kuppe zu thun habe.

4) Lager und Decken. Gesteinsmassen, welche, wie die Schichten von mehr oder weniger parallelen Flächen begrenzt, vorwaltend nach zwei Richtungen hin ausgedehnt und von anderen Gesteinen eingeschlossen sind, nennt man Lager. Z. B. a ist ein Lager im Gestein b. Breiten sie sich auch nach der dritten Dimension aus, c, so nennt man sie Lagerstöcke oder liegende Stöcke und es giebt daher auch ganz allmähliche Uebergänge von Lagern in Stöcke. Die massigen Gesteine, welche lagerförmig auftreten, gehen häufig in Gänge über und sind dann als Nebengänge und Verzweigungen dieses Ganges anzusehen. Ebenso werden die Lager oft zu vollkommenen Schichten, die man Decken nennt, wenn sie in größerer Ausdehnung und von ziemlich gleichmäßiger Dicke horizontal sich über andere Gesteine verbreitet haben. Meistens sind von diesen erwähnten Formen des Auftretens ungeschichteter massiger Gesteine mehrere bei einer und derselben Masse an verschiedenen Punkten ihres Vorkommens wahrzunehmen, und hauptsächlich sind es die Gänge, welche sich mit allen anderen combiniren, wie wir später noch an einzelnen Beispielen zeigen werden.




Von besonderem Interesse ist es, die Grenzen zwischen diesen Gesteinen und ihrem Nebengesteine zu beobachten. Dieselbe ist meist eine sehr scharfe und auch für die dünnsten Zweige, welche von der Hauptmasse der Gänge oder Stöcke u. s. w. abgehen, genau zu bestimmen. Es findet kein allmählicher Uebergang von dem einen Gesteine in das andere Statt. Wohl bemerkt man aber oft große Fragmente des Nebengesteines, welches von dem massigen durchsetzt wird, in diesem eingeschlossen, man nimmt überhaupt Störungen, theils mechanischer, theils physikalischer Art wahr, welche das Nebengestein betroffen haben, und von der größten Wichtigkeit für die Beantwortung der Frage sind, auf welche Weise diese massigen Gesteine sich gebildet und zwischen die anderen eingelagert haben.

Wir erwähnten schon oben, daß diese Gebilde im Allgemeinen

als Ausfüllungsmassen von Spalten und Zwischenräumen in anderen Gesteinen anzusehen sind, also *späteren* Ursprungs, als das Nebengestein, in welchem wir sie jetzt antreffen. Es sind nun zwei Wege möglich, auf welche sich diese Spalten mit Gesteinsmassen ausfüllen konnten, entweder, indem

1) von oben und den Seiten eindringendes Wasser aufgelöste Massen hereinführte, die sich dann später absetzten, wenn das Wasser verdunstete, oder indem

2) von unten herauf flüssige, geschmolzene Massen eingepreßt wurden, wie jetzt z. B. die Lava in die Spalten der Vulkane und in die Kratere.

Man muß beide Möglichkeiten zugeben und in jedem speciellen Falle untersuchen, ob die eine oder die andere Erklärung angenommen werden muß. Die Natur der massigen Gebirgsarten, die Erscheinungen, welche wir an dem Nebengesteine wahrnehmen, die Formen, unter welchem jene auftreten, werden in den meisten Fällen bestimmt die eine oder die andere Entstehungsweise einer solchen Masse erkennen lassen. Wir werden, nach Betrachtung der einzelnen Gesteine, bei der Frage über ihre Bildung noch einmal auf diesen Punkt zurückkommen, der ebenfalls zu denjenigen gehört, welche von jeher zu den Hauptstreitfragen zwischen Neptunisten und Plutonisten gehört hat, und wenden uns zunächst zu einer Beschreibung der verschiedenen, die Erdrinde zusammensetzenden festen Gebilde.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum vierzehnten Kapitel.

1) zu S. 313. Genauer in ihrem Verhalten bekannt sind uns nur folgende Elemente, die man nach ihren Eigenschaften also eingetheilt hat:

1) Nichtmetallische Elemente. Sie sind meistens gasartig, wenige sind fest, alle schlechte Leiter der Electricität und Wärme, alle haben ein geringes specifisches Gewicht. Es gehören hierher: Sauerstoff (O)*), Wasserstoff (H), Stickstoff (N), Chlor (Cl) und Fluor (Fl), die gewöhnlich gasig sind, Brom (Br), das gewöhnlich flüssig ist, und Kohlenstoff (C), Phosphor (Ph), Schwefel (S), Boron (Bo), Selen (Se) und Jod (J), die gewöhnlich fest sind.

2) Metallische Elemente. Sie werden, mit Ausnahme des Queckfilbers, erst bei höherer Temperatur flüssig, haben den s. g. metallischen, lebhaften Glanz, sind undurchsichtig und gute Leiter der Electricität und der Wärme.

1. Leichte Metalle, sie haben ein specifisches Gewicht unter 5 (manche selbst unter dem des Wassers).
   a) Alkalimetalle: Kalium (K), Natrium (Na), Lithium (Li), Baryum (Ba), Strontium (Sr).
   b) Erdmetalle: Calcium (Ca), Magnium (Mg), Lanthan (La), Yttrium (Y), Glycium (G), Alumium (Al), Zirconium (Zr), Silicium (Si).
2. Schwere Metalle, specifisches Gewicht zwischen 5 und 21.
   a) Unedle Metalle, für sich nicht reducirbar, d. h. durch Hitze nicht aus ihren Verbindungen rein abzuscheiden.
      α. Spröde und schwer schmelzbar: Thorium (Th), Titan (Ti), Tantal (Ta), Wolfram (W), Molybdän (Mo), Vanad (V), Chrom (Cr), Uran (U), Mangan (Mn), Cerium (Ce).
      β. Spröde und leicht schmelzbar, selbst verdampfbar: Arsen (As), Stibium oder Antimon (Sb), Tellur (Te), Wismuth (Bi).
      γ. Nicht spröde: Zink (Zn), Kadmium (Cd), Zinn (Sn), Blei (Pb), Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), Kupfer (Cu).
   b) Edle Metalle, für sich reducirbar: Queckfilber (Hg), Silber (Ag), Gold (Au), Platin (Pt), Palladium (Pd), Rhodium (R), Iridium (Ir), Osmium (Os).

Zu diesen gesellen sich noch die wenig bekannten, seltenen metallischen Stoffe Didymium, Erbium, Terbium, Niobium und Pelopium, Ruthenium und ein neues, in einem Mineral (Eudialyt) entdecktes, noch nicht benanntes Element.

2) zu S. 314. Nach der s. g. electrochemischen Theorie verhalten sich die einzelnen Atome zu einander wie verschiedene Metalle, die, mit einander in Berührung gebracht, stets entgegengesetzt electrisch werden; sie sind nicht für sich allein + oder — electrisch, sondern werden es erst in Berührung mit einem anderen und wie es bei den Metallen vorkommt, daß ein und dasselbe Metall gegen das eine sich positiv (+), gegen ein anderes negativ (—) verhält, so giebt es auch Elemente, die sich einmal positiv, ein andermal negativ gegen zwei verschiedene andere verhalten. Es ist nur der Sauerstoff, der stets negativ und das Kalium, das bei gewöhnlicher Temperatur stets positiv sich verhält; so verhält sich also Schwefel gegen Sauerstoff positiv, gegen Kalium dagegen negativ u. s. f. Wir wollen nur die häufiger vorkommenden Stoffe diesem ihren Verhalten gegen einander noch hier aufführen. Sie bilden folgende Reihe: — Sauerstoff, Schwefel, Chlor, Kohlenstoff, Silicium, Eisen, Alumnium, Magnesium, Kalcium, Natrium, Kalium +. Jeder nachfolgende verhält sich nun positiv gegen den ihm in der Reihe voranstehenden, wiewohl nicht alle sich mit einander verbinden. Im Allgemeinen giebt diese Theorie eine gute Vorstellung von den Gesetzen der chemischen Verbindungen, wenn gleich noch manches Räthselhafte dabei bleibt, und bisher nicht alle Erscheinungen sich aus ihr haben erklären

*) Die beigefügten lateinischen Buchstaben bezeichnen das chemische Zeichen der einzelnen Elemente, wie sie in chemischen Formeln gebraucht werden.

lassen. Man hat die Ursache, aus welcher sich die Elemente mit einander verbinden, auch als eine besondere unbekannte Eigenschaft derselben mit dem Namen „chemische Affinität", „chemische Anziehungskraft, Verwandtschaft", bezeichnet, als man die electrochemische Theorie noch nicht kannte, und gebraucht auch jetzt noch häufig diese Ausdrücke. Dem größeren electrischen Gegensatze entspricht die größere Verwandtschaft, bringt man daher verschiedene Elemente mit einander in innige Berührung, so verbinden sie sich nach den Gesetzen dieser Verwandtschaft, d. h. diejenigen, zwischen welchen die größte electrische Differenz waltet, verbinden sich zunächst und der schwächere muß isolirt bleiben, so lange noch von zwei näher verwandten Stoffen ein Theil unverbunden zurückbleibt. Bringen wir also drei Stoffe, die wir mit a, b und c bezeichnen wollen, zusammen, von denen b und c mit a Verbindungen eingehen können, und b hat eine stärkere Verwandtschaft zu a, als c, so kann erst dann eine Verbindung von a und c Statt finden, wenn die ganze Menge des vorhandenen Stoffes b mit a verbunden ist und jetzt noch etwas von a übrig bleibt. Was in dieser Beziehung von den Elementen oder einfachen Körpern gilt, findet seine Anwendung auch auf ihre Verbindungen. Der electrische Gegensatz zwischen je zwei Elementen wird durch ihre Vereinigung nämlich nicht in allen Fällen vollkommen ausgeglichen, wie es aber bei den s. g. Salzbildern, z. B. dem Chlor, der Fall ist, das in Verbindung mit einem anderen Elemente einen solchen indifferent gewordenen Körper, ein Salz, bildet, und es ordnet sich nun ein Theil derselben zu einer ähnlichen Reihe von positiven und negativen Verbindungen, die nun in derselben Weise wieder zusammentreten können. Bei diesen zusammengesetzten Körpern ist es nun noch schwieriger, sie in eine solche Reihe zu bringen, daß jeder nachfolgende sich positiv gegen jeden vorhergehenden verhalte; der electrische Gegensatz, die Verwandtschaft, ist hier sehr ungleich; nehmen wir z. B. eine negative Verbindung zweier Elemente, eine s. g. Säure, und ordnen die übrigen, sich gegen sie positiv verhaltenden, die s. g. Basen, nach dem Grade ihrer Verwandtschaft zu dieser, so paßt die Reihe nicht mehr, wenn wir eine andere Säure an ihre Stelle setzen. Nehmen wir z. B. die Schwefelsäure, so ordnen sich die Körper ihrer Verwandtschaft zu dieser nach so: Baryt, Strontian, Kali, Natron, Kalkerde, Magnesia; d. h. der Baryt hat von diesen die stärkste Verwandtschaft zur Schwefelsäure, er entzieht sie allen übrigen, die damit verbunden sind. Setzen wir aber Salpetersäure an die Stelle der Schwefelsäure, so wird die Reihenfolge eine ganz andere, jetzt kommen Kali und Natron zuerst, der Baryt und die übrigen folgen nach. — Von wesentlichem Einflusse ist ferner noch auf die chemische Verwandtschaft die Temperatur. Stoffe, die bei gewöhnlicher Temperatur große Verwandtschaft zu einander haben, sehr feste Verbindungen bilden, trennen sich in der Hitze; Säuren, die in der Kälte von anderen Säuren aus Verbindungen mit Basen ausgetrieben werden, treiben diese hingegen in der Hitze wieder aus. Die Kieselsäure z. B. ist in gewöhnlicher Temperatur eine sehr schwache Säure, welche von allen anderen aus ihrer Verbindung mit Basen ausgetrieben wird; in der Hitze dagegen werden alle diese Säuren wieder durch die Kieselsäure ausgeschieden. In ähnlicher Weise verhält sich die Phosphorsäure. Wir werden später, wenn wir die Entstehung der verschiedenen Gesteine besprechen, noch öfter auf ähnliche Beispiele kommen. — Ebenso wichtig sind auch die Gesetze über die Menge, in welcher die einzelnen Elemente unter einander zu Verbindungen zusammentreten. Es hat sich nämlich gezeigt, daß dieselbe stets in gewissen Proportionen und nur in diesen erfolge, und daß das Verhältniß, in welchem sich zwei Körper a und b mit einem dritten c vereinigen, ganz genau dasselbe ist, in welchem sich die beiden Körper a und b mit d oder e oder allen übrigen anderen verbinden, und daß dieses Gesetz ebenso für Elemente als für zusammengesetzte Körper gilt. Es verbinden sich nämlich mit 100 Gewichtstheilen Sauerstoff z. B. 12,5 Gewichtstheile Wasserstoff, 396 Kupfer, 406 Zink, 489 Kalium. Mit 100 Gewichtstheilen Chlor: 6,25 Wasserstoff, 198 Kupfer, 203 Zink, 244,5 Kalium, und mit 100 Gewichtstheilen Schwefel: 2,82 Wasserstoff, 89,35 Kupfer, 91,60 Zink, 110,32 Kalium. Setzen wir diese

drei Reihen unter einander, so finden wir, daß die Zahlen sämmtlich in demselben Verhältnisse zu einander stehen. Es war nämlich die Reihe der Gewichtsverhältnisse

für Sauerstoff in obiger Ordnung = 15,5 : 396 : 406 : 489
„ Chlor „ „ „ = 6,25 : 198 : 203 : 244,5
„ Schwefel „ „ „ = 2,82 : 89,35 : 91,6 : 110,32.

Man sieht daraus leicht die Richtigkeit des oben angegebenen Gesetzes. Multiplicirt wir die zweite Reihe mit 2, die dritte mit 4,432, so erhalten wir genau die Zahlen der ersten Reihe; würden wir also die Gewichtsmenge des Schwefels statt 100 zu 200, die des Chlors zu 443,2 nehmen, so würden wir unmittelbar die Zahlen der ersten Reihe gefunden haben, d. h. die Gewichtsmengen von Sauerstoff, Schwefel und Chlor, welche mit ein und derselben Gewichtsmenge der anderen Elemente sich verbinden, verhalten sich zu einander wie 100 : 200 : 443,2. Man hat nun für alle Elemente das Verhältniß aufgesucht, in welchem sie sich mit den erwähnten Körpern und unter einander verbinden. Diese relativen Gewichtsmengen hat man nun Aequivalente genannt, und um dieselben in bestimmten Zahlen ausdrücken zu können, ist man übereingekommen, für alle das Verhältniß anzugeben, in welchem sie sich mit 100 Theilen Sauerstoff verbinden, und nennt diese Verhältnißzahl auch die Aequivalentzahl eines Elementes. Man hat ferner gefunden, daß viele Elemente verschiedene Verbindungen mit einem und demselben anderen Elemente eingehen und daß dieses nach einem in ganzen Zahlen ausdrückbaren vielfachen Verhältnisse ihrer Aequivalentzahlen geschehe. Man hat z. B. gefunden, daß sich mit 100 Sauerstoff 175 Stickstoff verbinden und hat diese Verbindung Stickstoffoxydul genannt. Nun giebt es aber noch folgende Verbindungen von Stickstoff mit Sauerstoff, in denen das Verhältniß folgendes ist, daß nämlich auf 175 Stickstoff 200 Gewichtstheile Sauerstoff (im Stickstoffoxyd), ebenso 300 (salpetrige Säure), 400 (Untersalpetersäure) und 500 (Salpetersäure) kommen, also auf 1 Aequivalent Stickstoff 1, 2, 3, 4, 5 Aequivalente Sauerstoff. Nie verbinden sich Sauerstoff und Stickstoff in anderen Verhältnissen. Es lag nun nahe, auf diese Thatsachen eine Theorie zu gründen, die s. g. Atomistische Theorie. Nach ihr besteht jeder Körper aus unendlich kleinen Theilchen, die nur bis zu einer bestimmten Grenze theilbar sind. Diese kleinsten, nicht weiter theilbaren Theilchen nannte man Atome. Die verschiedenen Atome sind nun von verschiedener Schwere und ihre Gewichte stehen zu einander in dem Verhältnisse, in welchem sie sich zu zusammengesetzten Körpern verbinden; das, was wir oben als Aequivalentgewicht angenommen haben, wurde nun nach dieser Theorie zu dem Atomgewicht. Indem sich nun die Atome der Elemente aneinander lagern, bilden sie die zusammengesetzten Körper und je nachdem 1 Atom eines Körpers sich mit 1 oder 2 oder 3 ꝛc. eines andern zusammenbegiebt, erhalten wir die einfachen Aequivalentzahlen oder das Vielfache davon, und nach der atomistischen Theorie heißt es daher, um bei unserem obigen Beispiele zu bleiben, nicht: es verbindet sich 1 Aequivalent Stickstoff mit 1, 2, 3 ꝛc. Aequivalent Sauerstoff, sondern es tritt je 1 Atom Stickstoff mit je 1 Atom oder je 2, 3 u. s. f. Sauerstoff zusammen. Bei mehrfach zusammengesetzten Verbindungen wird nun ebenso wieder angenommen, daß ein Atom der einen mit ein oder mehreren Atomen der andern zusammentrete, z. B. ein Atom einer Basis mit ein oder zwei ꝛc. Atomen einer Säure u. s. f.

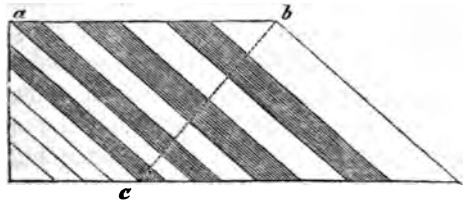
[3]) zu S. 317. Nach den Untersuchungen von Sartorius „Ueber die vulkanischen Gesteine in Sicilien und Island" gäbe es eigentlich nur drei Feldspatharten, die er als Anorthit, Albit und Krablit bezeichnet, entsprechend einem basischen, einem neutralen und einem saueren Silicate, zwischen denen die verschiedenen Varietäten schwankten. Einige dieser zwischen jene 3 zu stehen kommenden Varietäten sind aber physikalisch so ausgezeichnet characterisirt, wie z. B. der Labrador, daß wir dieselben füglich als besondere Species beibehalten dürfen, namentlich wenn auch ihr geologisches Vorkommen ihnen eine besondere Wichtigkeit verleiht.

[4]) zu S. 329. Derartige Beispiele sind von den meisten Vulkanen nachzuweisen welche Lavaströme ergossen haben. Stürzen sich dieselben in das Meer,

oder findet eine submarine Eruption Statt, der eine längere Pause folgt, so können sich über dieser Lavaschichte wieder sedimentäre Schichten bilden. In der Auvergne findet sich ein sehr schönes Beispiel, wo sich auf diese Weise Lavaschichten mit sedimentären abwechselnd übereinander in mehrfacher Folge, in s. g. „Wechsellagerung", vorfinden. Derartige Massen werden aber nie eine so große und gleichmäßige Ausdehnung zeigen, wie die wirklichen sedimentären Gebilde sie in der Regel haben.

[5]) zu S. 337. Es läßt sich ganz allgemein kein anderes Gesetz über solche mechanische Bildungen aufstellen, als das, daß die Schichten nicht von gleicher Dicke sein können, wenn sie sich auf einer geneigten Unterlage bilden. Die Beobachtung an Seen über die Ablagerung geneigter Schichten hat überall dasselbe Resultat ergeben. „Egerton hat das an der Ausmündung der Kander in den Thuner See gebildete und aus grobem Gesteinsschutt bestehende Delta gemessen und gefunden, daß die Neigung desselben allmählich von 43° bis zu 28° abnimmt. Studer untersuchte sehr genau die am westlichen Ende des Lungernsees durch einströmende Gebirgsbäche abgesetzten Schichten und fand, daß die Geröll- und Grusschichten unter 35° geneigt waren, sich meist nach unten auskeilten, und dort an sehr wenig geneigte Schlammschichten anschlossen, deren Enden jedoch zwischen den Geröllschichten zum Theil unter 25° Neigung aufstiegen. Martin stellte am Aardelta bei Brienz, welches aus sehr feinen Sand- und Schlammschichten besteht, Messungen an, welche das Resultat lieferten, daß dasselbe am Rande des Sees 30°, in 300 Meter Entfernung nur noch 20° abfällt und in 1200 Meter Abstand mit dem Grunde des Sees zusammenfällt." (Naumann, a. a. O. p. 979.) In noch großartigerem Maßstabe sind in früheren Perioden derartige Bildungen am Rande der Meere entstanden. So z. B., nach Rogers, mächtige Sandsteinschichten am Hudson von gleichmäßigem Fallen unter 15° gegen Nordwest, die in dieser geneigten Stellung auf horizontalen älteren Gebilden abgelagert sind, also unmöglich erst später in diese Stellung gebracht worden sein können.

[6]) zu S. 337. In manchen Gegenden kommen gleichmäßig geneigte Schichten in so außerordentlicher Mächtigkeit und Menge vor, daß es zu den absurdesten Consequenzen führen würde, wollte man diese als ursprünglich horizontale und später gehobene annehmen. Es sei z. B. a b eine Reihe von geneigten Schichten. War nun die Schichtenfolge a b früher horizontal, so ist offenbar, daß die auf a und b senkrechte Linie b c die Mächtigkeit dieses Schichtensystemes in seiner früheren Stellung, zugleich die frühere wirkliche senkrechte Richtung und somit die Tiefe angiebt, in welcher sich die Schichte a c unter b befunden haben mußte. Diese Linie ist sehr leicht zu berechnen, wenn man den Neigungswinkel kennt, welchen die Schichten machen, und die Länge der Linie a b. Ist diese Linie bei einigermaßen beträchtlicher Neigung der Schichten eine bedeutende, so müßte darnach die Schichte a c in einer so ungeheueren Tiefe früher gewesen sein, daß sie vollkommen geschmolzen hätte sein müssen. Wir finden z. B. geneigte Schiefergesteine, in welchen die Linie b c 20, ja 30 Meilen groß ist, a c also einer ungeheueren Hitze ausgesetzt gewesen sein müßte, weil es dem Innern der Erde um soviel näher war, als die Schichte b, und doch bemerken wir gar keine Spur davon an dem Aussehen von a c; Kalkschichten, die unter diesen Umständen zu gebranntem Kalk hätten werden und ihre Kohlensäure verlieren müssen, sind unverändert geblieben und wir dürfen daraus den sicheren Schluß ziehen, daß solche Schichtenreihen nicht anfänglich horizontal waren, sondern sich in geneigter Stellung gebildet haben.



7) zu S. 344. Man hat dieselben auch „eruptive" Gesteine genannt, weil man sie alle für aus der Tiefe hervorgebrochen ansah. Wir vermeiden diesen Namen am besten, weil entschieden nicht alle unter diesem Namen zusammengefaßten Gesteine wirklich aus der Tiefe emporgedrungen sind und von vielen ihre Entstehung noch sehr unsicher ist.

8) zu S. 345. Wir können hier nicht näher auf diese Structurverhältnisse eingehen, die bei den einzelnen Gesteinen später erwähnt werden sollen, nur beispielsweise wollen wir hier anführen, daß sich öfter an solchen Kuppen bemerken läßt, daß sie aus concentrischen Massen bestehen, welche sich schalig übereinander gelagert finden, wie in der Figur im Texte angedeutet ist. Eine solche Structur läßt uns wohl mit Bestimmtheit schließen, daß die Kuppenform in diesem Falle eine primäre und nicht zufällig, später entstandene sei.

# Fünfzehntes Kapitel.

Schwierigkeit der Eintheilung der Gesteine. Kurze Beschreibung derselben, nach Gruppen und Familien.

Wir haben im vorigen Kapitel die Bestandtheile kennen gelernt, aus welchen die verschiedenen Gebirgsarten zusammengesetzt sind, und die Formen, die Art und Weise, wie sie für sich oder mit anderen wechselnd in der Erdrinde auftreten. Wir lernten dabei schon zwei große Abtheilungen kennen, in welche sich nach diesen beiden Gesichtspunkten die Gesteine trennen lassen, — geschichtete und ungeschichtete der Form nach, und einfache und zusammengesetzte den Bestandtheilen nach. — Im Allgemeinen fallen diese beiderlei Abtheilungen zusammen, d. h. die einfachen Gesteine sind in der Regel geschichtet, die zusammengesetzten in der Regel massig, aber zahlreiche Ausnahmen machen diese Unterscheidungsmerkmale für eine streng systematische Eintheilung unzureichend. Ebenso unbefriedigend fallen die Versuche aus, die Entstehungsart der Gesteine als Eintheilungsprincip zu wählen, indem wir von manchen Gesteinen durchaus nicht mit der Sicherheit ihren Ursprung angeben können, welche dazu nöthig wäre, und für manche eine verschiedene Art der Bildung für verschiedene Localitäten angenommen werden kann, wie dieß in dem nächsten Kapitel, wo wir von der Entstehung der Gesteine sprechen werden, sich klar herausstellen wird. Es bleibt daher bei dem jetzigen Standpunkte unseres Wissens nichts anderes übrig, als auf ein natürliches System der Steine zu verzichten und sich mit einer Abtheilung in einzelne, wohl gesonderte Gruppen oder Familien zu begnügen, an die sich dann die weniger scharf zu scheidenden als Unterabtheilungen anreihen mögen [1]).

**Erste Gruppe.** Zusammengesetzte, deutlich krystallinische Silicatgesteine von weitverbreitetem Vorkommen und bedeutender Ausdehnung an der Oberfläche der Erde.

Wir rechnen hierher den Granit und Syenit, Gneiß, Glimmerschiefer, Chlorit- und Talkschiefer. Die wesentlichen Bestand-

theile derſelben ſind Feldſpath, und zwar meiſt der gewöhnliche Kalifeldſpath, doch kommen auch andere Arten vor, in manchen Graniten z. B. ſelbſt zweierlei nebeneinander, Quarz, Glimmer mit Chlorit und Talk, und Hornblende. Dieſe Geſteine gehen häufig in einander über, kommen meiſt mit einander vor und ſind ſchon dadurch als eine ſehr natürliche Gruppe ausgezeichnet. Granit, Gneiß und Glimmerſchiefer haben dieſelben Beſtandtheile, nämlich Feldſpath, Quarz und Glimmer, und nur die Anordnungen derſelben, die Structur und die Formen des Auftretens laſſen ſie von einander unterſcheiden.

### A. Nichtſchieferige Geſteine dieſer Gruppe.

1) Granit. Ein körnig-kryſtalliniſches Geſtein aus ganz regellos durcheinander gelagerten Kryſtallen von Feldſpath, Quarz und Glimmer, von denen der Feldſpath der Menge nach meiſt vorherrſcht. Die Größe der einzelnen Beſtandtheile iſt außerordentlich verſchieden und ebenſo die Farbe des Geſteins, welche hauptſächlich von dem Feldſpathe abhängig iſt, der die verſchiedenartigſten Farben, fleiſchroth, grün, gelb, gelbweiß, weiß u. ſ. f. erkennen läßt. Im Allgemeinen iſt ein gelbliches, röthliches und graues, durch eingemengten ſchwarzen Glimmer bedingtes Ausſehen das häufigſte. In den meiſten Fällen iſt der Granit ein ſehr deutlich maſſiges, durch Klüfte in große Blöcke, Bänke und Säulen zerſpaltenes Geſtein, der hie und da, wo er in untergeordneten Maſſen auftritt, die verſchiedenen, pag. 348 erwähnten Formen von Gängen, Lagern ꝛc. erkennen läßt. Er zeigt aber an vielen Punkten der Erde deutliche Schichtenbildung, namentlich da, wo er in ſehr großer Menge weit verbreitet und mit Gneiß und Glimmerſchiefer zugleich auftritt, mit denen er wechſelt, in die er, wie erwähnt, oft deutliche, allmähliche Uebergänge erkennen läßt. Er gehört ſchon durch dieſe Verhältniſſe zu den merkwürdigſten Bildungen, und kein Geſtein zeigt in gleicher Weiſe alle Lagerungsformen der geſchichteten und ungeſchichteten Geſteine in ſolcher Deutlichkeit, wie eben der Granit; keines hat auch ſoviel die Forſcher beſchäftigt, keines iſt der Gegenſtand ſo heftiger Discuſſionen geweſen, als eben er. Wir werden auf dieſe Formen ſeines Auftretens in dem folgenden Kapitel noch einmal zurückkommen. Der Granit iſt ein außerordentlich weit verbreitetes Geſtein, er wird

in allen Welttheilen in großen Massen angetroffen, und bildet mit Gneiß und Glimmerschiefer zusammen die Erdrinde in weiter Ausdehnung, oft den Kern ganzer Gebirgszüge ausmachend. In Deutschland ist er hauptsächlich im Schwarzwalde, Odenwalde, Fichtelgebirge, Thüringerwaldgebirge, Riesengebirge, Erzgebirge und im Harze entwickelt. Sehr mächtig tritt er in den Schweizer Alpen, Schweden und Norwegen auf, und in der größten Ausdehnung in Brasilien, wo er das Küstengebirge in einer Längenausdehnung von 375 geogr. Meilen, von San Francisco bis hinab zu der Mündung des Plataſtromes, in ununterbrochenem Zusammenhange bildet. Er enthält oft andere Mineralien eingeschlossen, von denen wir vorzugsweise das Magneteisen erwähnen.

2) Der Syenit. Körnig-krystallinisches Gestein von Feldspath und Hornblende. Der Feldspath ist meist der gemeine, Orthoklas, doch kommen auch andere zuweilen in ihm vor, auch Quarz und Glimmer, so daß eine Trennung von Granit oft nicht möglich ist, indem namentlich auch ganz allmähliche Uebergänge von einem Gestein in das andere zu beobachten sind. Der Syenit ist viel seltener als der Granit, mit dem er fast immer zugleich vorkommt, tritt in weniger mächtigen Massen auf, und zeigt im Uebrigen dieselben Verhältnisse in Beziehung auf Farbe, Structur, Lagerung nnd Formen, wie dieser. In Deutschland findet er sich in den Gebirgen an der Bergstraße, im Odenwalde, sehr spärlich im Fichtelgebirge, dann im Riesen- und Erzgebirge, immer jedoch dem Granite untergeordnet und in kleineren Massen [2]).

3) Gneiß. Ein in alle Sprachen aufgenommener Name, mit dem der sächsische Bergmann seit lange das im Erzgebirge sehr häufige, aus gemeinem Feldspath, Quarz und Glimmer bestehende Gestein bezeichnet, welches durch die Anordnung des Glimmers zu Lagen, Blättern, Bändern und Streifen, zwischen denen die Quarz- und Feldspathkörner eingebettet liegen, eine körnig-schieferige Structur erhält. Nach der Menge des in ihm enthaltenen Glimmers und nach der Art, wie sich die Massen dieses Minerals zusammengruppiren, hat man verschiedene Arten von Gneiß unterschieden [3]). Der Gneiß ist meistens sehr deutlich geschichtet, und seine Schichten lassen zum Theil merkwürdige Biegungen und Windungen erkennen, wie sie auch am Glimmerschiefer und Thonschiefer vorkommen. Er tritt fast immer mit Granit zugleich auf, und

findet sich daher an allen den für das Auftreten von Granit angeführten Punkten, wo er meistens auf diesem gelagert erscheint, geringere Höhen als dieser in den Gebirgen erreichend. Er wechselt jedoch auch häufig mit ihm ab und macht Uebergänge sowohl in Granit und Glimmerschiefer, als auch in Syenit, indem sich seinen Gemengtheilen Hornblende beimengt, s. g. Hornblendegneiß, und durch das Ueberhandnehmen derselben bei gleichzeitiger Abnahme von Glimmer und Quarz der Syenitcharakter sich immer mehr ausbildet [4]).

B. Schiefrige Gesteine dieser Gruppe.

4) Glimmerschiefer. Ein sehr deutlich schiefriges Gestein in der Regel nur aus Quarz und Glimmer bestehend, in dem letzterer zu Schuppen und Lagen sich zusammengefunden hat, welche die Quarzkörner einschließen. Gewöhnlich waltet der Glimmer vor, von dem verschiedene Varietäten in diesem Gesteine auftreten, ja stellenweise trifft man gar keinen Quarz an, doch kommen auch solche Varietäten vor, in welchen dieser selbst in größerer Menge als der Glimmer vorhanden ist. Durch das Hinzutreten von Feldspath geht der Glimmerschiefer allmählich in Gneiß und oft auch in Granit, dagegen durch Zurücktreten der krystallinischen Structur allmählich in Thonschiefer über. An manchen Orten mengen sich auch so viele Granaten dem Glimmerschiefer bei, daß diese als ein wesentlicher Gemengtheil desselben erscheinen. Der Glimmerschiefer ist stets sehr deutlich geschichtet, hat in der Regel Gneiß zur Unterlage und ist ebenfalls ein sehr verbreitetes Gestein, und fehlt nicht leicht ganz an einem der oben für das Vorkommen von Granit und Gneiß angegebenen Punkte, und da er über Gneiß und Granit liegt, ist seine Oberflächenausbreitung oft eine viel bedeutendere, als die jener, welche von ihm verdeckt werden, und nur inselartig aus ihm herausstehen.

5) Chloritschiefer. Ein schuppig-schiefriges meist dunkelgrünes, sehr weiches, nicht sprödes Gestein, das wesentlich aus Chlorit (p. 319) mit etwas Quarz und Feldspath zusammengesetzt ist, dem sich häufig noch Talk und Glimmer zugesellt. Wie im Glimmerschiefer treten auch bei diesem Gesteine oft alle anderen Bestandtheile zurück und es ist dann nur aus Chlorit gebildet. Er ist ebenfalls immer sehr deutlich geschichtet, kommt in Gesell-

ſchaft der andern ſchiefrigen Geſteine vor, in welche er deutliche Uebergänge erkennen läßt; ſeine Verbreitung iſt weniger allgemein als die des Glimmerſchiefers, in den Alpen, in Schottland, am Ural, in Nord- und Südamerika kommt er jedoch in anſehnlichen Maſſen vor[5]).

6) Talkſchiefer. Ein deutlich ſchiefriges, fettig anzufühlendes Geſtein, das weſentlich aus Talk (ſ. p. 319) beſteht, zu dem ſich Quarz und Feldſpath geſellen; ſeine Farbe iſt meiſt hell, gelblich, grünlich und graulich; er iſt noch häufiger als der Glimmer- und Chloritſchiefer nur aus einer Mineralſpecies gebildet und könnte daher auch zu den einfachen Geſteinen gerechnet werden. Sein Vorkommen, ſeine Uebergänge in Chloritſchiefer laſſen ihn am füglichſten bei dieſer Gruppe unterbringen. Er kommt ebenfalls, wie der Chloritſchiefer und gewöhnlich mit dieſem, nicht ſehr weit verbreitet vor, in den Alpen, im Ural, in Südamerika beträchtliche Ablagerungen bildend.

7) Itakolumit. Ein deutlich ſchiefriges, faſt farbloſes Geſtein, das weſentlich aus feinen Quarzkörnern beſteht, die von Glimmer- und Chloritblättchen ſo eingeſchloſſen ſind, daß das Ganze in dünnen Platten biegſam iſt. Es hat ſeinen Namen von dem circa 5000 Fuß hohen Itakolumi im öſtlichen Braſilien, der größtentheils aus dieſem Geſteine beſteht. Dieſe Felsart, die als eine eigenthümliche Varietät von Glimmerſchiefer angeſehen werden kann, iſt in Braſilien außerordentlich weit verbreitet, indem ſie dort in ſehr beträchtlicher Dicke als herrſchendes Geſtein über Provinzen ausgedehnt iſt, welche den Flächenraum von Deutſchland übertreffen. Als das Muttergeſtein der Diamanten hat es ein beſonderes Intereſſe. In Europa kommt es, aber ohne dieſe ſeltenen Gäſte, nur an ſehr wenigen Localitäten vor, ſo am Gotthardt und im rheiniſchen Schiefergebirge.

Die ſämmtlichen Geſteine dieſer Gruppe ſind, ohne Reſte untergangener Organismen, vollkommen verſteinerungsleer. Wo man die Unterlage der älteſten, Verſteinerungen enthaltenden Gebilde wahrnehmen kann, iſt ſie eines der Geſteine dieſer Familie, auf welchen häufig noch ein unkryſtalliniſcher Thonſchiefer ruht, der ſich zwiſchen dieſe und die verſteinerungsführenden einlagert, und als ſogenannter Urthonſchiefer aufgeführt wird. An manchen Orten kommen jedoch auch jene Gebilde unter Umſtänden vor, welche dieſelben als jünger

erſcheinen laſſen, als einige der verſteinerungsführenden, ſo daß man Granite, Gneiße ꝛc. von verſchiedenem Alter annehmen muß.

**Zweite Gruppe.** Zuſammengeſetzte, nicht kryſtalliniſche, ſchiefrige Silicatgeſteine von weit verbreitetem Vorkommen, und ſehr bedeutender horizontaler Ausdehnung auf der Oberfläche der Erde.

Es iſt nicht möglich, die zu dieſer Gruppe gehörigen Geſteine ſo ſcharf in verſchiedene Species von einander zu trennen, wie die der vorhergehenden. Wir behalten den für die am häufigſten vorkommende Varietät, den ſogenannten Thonſchiefer, wozu der gewöhnliche Dachſchiefer gehört, gewählten Namen hier für die ganze Gruppe bei. Die hierher gehörigen Gebilde ſind gewiß ſehr verſchieden zuſammengeſetzt, da ſie aber meiſt ſcheinbar einfache Geſteine ſind, eine mechaniſche Zerlegung in verſchiedene mineralogiſche Beſtandtheile nicht möglich iſt, ſo bleibt nichts anderes übrig, als ſie im Ganzen chemiſch zu unterſuchen und darnach eine Vermuthung über die mineralogiſche Zuſammenſetzung der einzelnen Varietäten aufzuſtellen. Die in dieſer Abſicht vorgenommenen chemiſchen Unterſuchungen haben jedoch noch zu keinem ganz befriedigenden Reſultate geführt und laſſen verſchiedene Auslegungen zu. So viel ſteht feſt, daß die Thonſchiefer nicht alle von gleicher Zuſammenſetzung ſind[6]). Ihr Auftreten, ihre phyſikaliſchen Eigenſchaften bieten jedoch ſo viel ſie von allen anderen Geſteinen unterſcheidende Merkmale dar, daß ſie eine ſehr wohl begränzte Gruppe bilden. Quarzkörnchen, Glimmerblättchen, hie und da Feldſpathkryſtalle, laſſen ſich öfters noch in ihm erkennen, und die ganz allmählichen Uebergänge, welche von ihm in den Glimmerſchiefer Statt finden, laſſen die Annahme gerechtfertigt erſcheinen, daß viele Thonſchieferarten unvollkommen ausgebildete Glimmerſchiefer ſind, in denen die einzelnen Beſtandtheile in microſcopiſcher Kleinheit ſich aneinander lagerten. Der Thonſchiefer iſt ein ſehr deutlich geſchichtetes, weiches, in dünne Blättchen ſpaltbares Geſtein; dieſe letztere Eigenſchaft kommt ihm im höchſten Grade zu und hat eben von ihm den Namen Schieferung erhalten. Nicht immer geht dieſe Schieferung der Schichtung parallel (cfr. p. 326). Dem Alter ſeiner Entſtehung nach können wir zwei Arten unterſcheiden, den ſogenannten Urthonſchiefer, der verſteinerungsleer mit Gneiß und Glimmerſchiefer wechſelt, und den ſogenannten Uebergangsthonſchiefer, welcher jünger als jener

iſt, ihn oft zur Unterlage hat und Verſteinerungen enthält. Seine Farben ſind ſehr verſchieden und rühren theils von beigemengten organiſchen, kohligen, theils von mineraliſchen und metalliſchen Beſtandtheilen her. Die gewöhnlichſten Farben ſind grau, blau, braun, röthlich, gelblich, grünlich, ſchmutzig weiß, in verſchiedenen Nuancen und Graden der Stärke. Die kohlige Subſtanz nimmt oft ſo überhand, daß derſelbe abfärbt, Zeichenſchiefer, ja ſelbſt gebrannt werden kann. Quarzreichere Varietäten ſind als Wetzſchiefer bezeichnet worden und machen ſo den Uebergang in ſ. g. Kieſelſchiefer, ein dichtes ſchiefriges Geſtein, das faſt nur aus Quarz beſteht. Der Thonſchiefer iſt eine außerordentlich weit verbreitete Gebirgsart. Er kommt mit dem Glimmerſchiefer als gewöhnlicher Begleiter des Gneißes und Granites vor und iſt eines der am häufigſten vorkommenden Geſteine in den älteſten verſteinerungführenden Formationen. In Deutſchland iſt er in dem rheiniſchen Uebergangsgebirge, im Harz, Thüringerwald, Fichtelgebirge, in Böhmen u. ſ. f. von außerordentlicher Ausdehnung und Mächtigkeit. Seine Schichten ſind an allen dieſen Orten ſehr ſtark geneigt und zeigen hie und da Zickzackbiegungen und Windungen. Auch in den Schweizer Alpen, in Skandinavien, Schottland, in Braſilien tritt er in bedeutender Ausdehnung auf.

**Dritte Gruppe.** Zuſammengeſetzte, kryſtalliniſche, ungeſchichtete Silicatgeſteine von geringer Oberflächenausdehnung, meiſt andere Geſteine in ſenkrechter Richtung durchſetzend, ohne Verſteinerungen.

Dieſe Gruppe umfaßt eine große Menge von verſchiedenen Geſteinen, die wir am beſten in Familien eintheilen. Sie ſind ſcharf von den Geſteinen der erſten Gruppe zu unterſcheiden und umfaſſen Gebilde von ſehr verſchiedenem Alter und ſehr verſchiedener mineralogiſcher Zuſammenſetzung. Die weſentlichen Beſtandtheile der meiſten von ihnen ſind Feldſpatharten, Augit und Hornblende, wozu ſich bei wenigen Quarz, Glimmer, Magneteiſen und einige andere Mineralien geſellen. Nach einer Seite hin ſchließen ſie ſich der mineralogiſchen Zuſammenſetzung nach ganz an die erſte Gruppe, des Granites ꝛc., an; nach der anderen ſtehen ſie in naher Verwandtſchaft mit den Producten unſerer jetzigen Vulkane. Wir wollen die erſteren zunächſt betrachten.

1) Familie des Porphyrs. Maſſige Geſteine von Porphyrſtructur und ſehr verſchiedenem Ausſehen. Die in der

erscheine[illegible] Familie des Porphyrs.
man G[illegible] Grundmasse deutlich ausgebildeten Krystalle
Zweit[illegible] und zwar gewöhnlich gemeiner Feldspath, oder
steine [illegible] doch kommen auch Albit- und Oligoklaskrystalle darin
[illegible] (nach Delesse hat der Porphyr der Vogesen nur Oligoklas
[illegible] keinen Orthoklas), außerdem Glimmer und Quarz. Nach
[illegible] dem letzteren Bestandtheile hat man diese Art von Porphyr, der
auch Feldsteinporphyr genannt wird, in zwei Varietäten getheilt,
in quarzfreien und in quarzhaltigen. Manche dieser Porphyre sind daher aus vier Mineralien zusammengesetzt, manche aus drei, manche haben selbst nur zwei Bestandtheile. Nach der deutlichen Ausbildung der verschiedenen Gemengtheile in der Grundmasse hat man auch Feldspathporphyre, Glimmerporphyre u. s. f. unterschieden. Die Farben dieser Gesteine sind ähnlich denen des Granit, vorwaltend röthlich, gelblichweiß, gelblich; aber auch grüne und bläuliche kommen vor, und diese verschiedenen Farben wechseln oft auffallend in geringen Entfernungen an ein und demselben Orte. Der Porphyr ist mit sehr wenigen localen Ausnahmen ein massiges Gestein, das keine Spur von Schichtung erkennen läßt, und meist in sehr steilen und wilden Massen in der Form isolirter Kegel und spitzer Felsen auftritt, hie und da auch eine Absonderung in Säulen und Bänke und in Kugeln (Kugelporphyr) erkennen läßt. Er bildet sehr deutliche Gänge und Kuppen an manchen Orten, und schließt dann häufig größere oder kleinere Bruchstücke des Nebengesteines ein. In Gebilden, welche jünger sind als die Zechsteinformation, finden sich sehr selten sie durchsetzende Porphyrgänge. Fast immer ist derselbe scharf von den Gesteinen, mit denen er in Berührung kommt, getrennt, doch finden sich in Westphalen, nach v. Dechen, Uebergänge von Porphyr in Thonschiefer [7]). Er kommt an vielen Punkten von Deutschland zum Vorschein, so in den Gegenden an der Nahe, bei Kreuznach, an der Lenne in Westphalen, im Harz und Thüringerwalde, in der Gegend von Halle, im sächsischen Erzgebirge u. s. f. und mit ihm zugleich häufig eine glasartige Masse, der s. g. Pechstein, wegen dessen wir auf Anm. 12 dieses Kapitels verweisen.

2) Familie des Trachyts *) (Flötztrappporphyr der

*) Die Mehrzahl der hierher gehörigen Gesteine fühlt sich eigenthümlich rauh an und hat daher, nach dieser Eigenschaft, von dem griechischen Worte trachys, rauh, durch Hauy diesen Namen erhalten.

Aelteren). Auch zu ihr gehört eine große Menge ihrem äußeren Habitus nach sehr verschiedener Gesteine, deren Zusammensetzung ebenfalls sehr wechselt. Durch die Art ihres Auftretens, durch die Uebergänge und das Nebeneinandervorkommen der verschiedenen Varietäten und einen charakteristischen Bestandtheil ist sie jedoch sehr wohl als eine Familie von den andern Gesteinen abgesondert. Dieser Bestandtheil ist der s. g. „glasige Feldspath", ein Feldspath, der sich durch das eigenthümlich glasige, rissige und zersprungene Aussehen, seinen sehr lebhaften Glasglanz, die sehr vollkommene rechtwinkelige Spaltbarkeit und den beständigen Gehalt von Natron neben Kali vor dem gemeinen Feldspathe auszeichnet. Seine Krystalle sind besonders schön und groß in dem Trachyte, aus dem die Bausteine zu dem Kölner Dom gebrochen wurden, enthalten. Außer diesem Feldspathe, der bei Manchen den Namen Sanidin auch Rhyakolith führt, ist es Quarz, Glimmer, Hornblende, Augit und Magneteisen, also ziemlich die auch im Porphyr vorkommenden Bestandtheile, welche man in den Trachyten antrifft. Wir können sehr wohl drei Abtheilungen in dieser Familie machen, nämlich a) quarzhaltige Trachyte, von Manchen Trachytporphyr genannt; b) quarzfreie, von L. v. Buch Andesite genannt, weil sie die hohen vulkanischen Gipfel der Anden bilden; c) die s. g. Phonolithe oder Klingsteine.

a) Die quarzhaltigen Trachyte schließen sich ihrem äußeren Ansehen nach sehr enge an die Porphyre an, von denen sie oft nur durch ihre Vergesellschaftung mit Gesteinen, welche nicht mit Porphyren zusammen angetroffen werden, sich unterscheiden lassen. Sie bestehen aus einer scheinbar einfachen rauhen Grundmasse, in welcher Krystalle von Quarz und glasigem Feldspathe eingeschlossen sind, zu welchen bei einigen noch Glimmer sich hinzugesellt; haben meist lichte, graue, röthliche, bräunliche Farben [8]).

b) Die Andesite haben ähnliche Grundmassen und Farben wie die vorigen, und enthalten dabei noch oft zollgroße Hornblendekrystalle und dunkeln Magnesiaglimmer [9]).

c) Die Phonolithe sind ihrem Ansehen nach von den vorigen ziemlich verschieden und schließen sich schon mehr den Basalten als den Porphyren an. Sie haben ebenfalls eine scheinbar gleichartige, aber wasserhaltige Grundmasse, in der glasiger Feldspath und feine nadelförmige Krystalle, wahrscheinlich Augite, eingewachsen sind,

und ſind ſo homogen und gleichmäßig in ihrem Zuſammenhange, daß ſie, in dünnen Platten abgeſondert, beim Anſchlagen und ſchon wenn ſie am Abhange eines Phonolithberges, durch den Fuß des Wanderers bewegt, übereinander hin rutſchen, einen hellen, ſtarken Klang geben, und davon den Namen „Klingſteine" erhalten haben [10]).

Alle dieſe Geſteine gehen ineinander über und ihr Ausſehen ſowie ihre Zuſammenſetzung wechſelt an manchen Punkten, wie in Ungarn, ſo raſch, daß kaum klaftergroße Blöcke von ganz gleicher Zuſammenſetzung und gleichem Gefüge ſich aus der Maſſe herausſchlagen ließen. Sie bilden in gewiſſen Gegenden die Gipfelgeſteine der Kratere, zeigen ſich dann oft in Schalen oder in Säulen, aber auch in unregelmäßigen Maſſen abgeſondert. Meiſtens bilden ſie iſolirte Berge, mit kuppenförmiger, glockenartiger Geſtalt — ſo unter anderm ſehr deutlich an dem Puy de Dôme, weshalb auch die dort vorkommende Varietät von Trachyt als Domit bezeichnet wird. Ebenſo ſieht man ſie häufig im Innern der Kratere von erloſchenen Vulkanen, deren Boden ſie bilden, oder aus deren Grunde ſie kuppenförmig emporragen. Sehr häufig erſcheint der Trachyt auch in ſchmalen Gängen, andere Gebirgsarten durchſetzend, und bildet deutliche Lavaſtröme älterer wie neuerer Vulkane. So finden ſich ſehr ausgezeichnete Trachytſtröme am Mont-Dore und der Lavaſtrom des Epomeo auf Iſchia beſteht aus Trachyt. Auch der Phonolith, der jedoch häufiger in iſolirten kuppenförmigen Maſſen auftritt, die oft in einer Linie liegen, läßt ſolche Ströme an manchen Punkten erkennen. Dieſe Geſteine findet man ſelbſt noch die tertiären Gebilde durchſetzend, und namentlich die Ströme von denſelben haben ſich noch über die jüngſten Ablagerungen auf unſerer Erde hin ergoſſen, ſo daß ſie unſeren, jetzt den Vulkanen entſtrömenden Laven am allernächſten ſtehen [11]). Mit ihnen zugleich kommen einige amorphe, d. h. nicht kryſtalliniſche, homogene Silicate vor, nämlich Perlit, Obſidian und Bimsſtein, die mit älteren Gebilden, auch Porphyren, nicht angetroffen werden, in verhältnißmäßig geringen Maſſen auftreten und mehr durch ihr Vorkommen mit den trachytiſchen Gebilden Intereſſe haben. Sie ſtehen in einem ähnlichen Verhältniſſe zu dieſen, wie der Pechſtein zu den Porphyren [12]). Die trachytiſchen Geſteine ſind namentlich in den alten Vulkanen des ſüdlichen Frankreichs, in der Auvergne, außerordentlich mächtig entwickelt, ebenſo in

Ungarn und im Siebengebirge. Die Phonolithe finden sich vorzugsweise im Vogelsberge, in der Rhön, dem böhmischen Mittelgebirge, doch sind sie auch mit den eigentlichen trachytischen Gesteinen an den erstgenannten Localitäten häufig verbunden.

Während uns bei den bisher betrachteten Gesteinen die äußere sinnliche Untersuchung meistens noch die mineralogische Zusammensetzung derselben theils deutlich erkennen, theils vermuthen ließ, läßt uns das Auge bei fast allen Silicatgesteinen der folgenden Gruppen im Stich; wir können sehr selten noch ein oder den andern Bestandtheil erkennen. Zwar zeigen sie noch ein krystallinisches Gefüge, die einzelnen Gemengtheile sind aber so mikroscopisch fein ausgebildet, daß sie einfache Gesteine zu sein scheinen. Eine genauere Untersuchung lehrt aber, daß sie doch noch aus verschiedenen Mineralien zusammengesetzt sind, wenn wir schon nicht über das Mengenverhältniß derselben, ja nicht einmal immer darüber, welche Mineralien eigentlich in ihnen vorkommen, bei allen im Reinen sind. Man bewegt sich bei diesen noch mehr oder weniger auf dem Felde von Vermuthungen, und die angegebene Zusammensetzung ist immer nur eine mehr oder weniger wahrscheinliche, indem selbst die genauesten chemischen Untersuchungen hierüber nicht volle Sicherheit zu verschaffen vermögen [13]). Wir können diese Gesteine nach den Arten, welche noch mit dem Auge unterscheidbare Bestandtheile haben, in zwei Gruppen theilen, in solche, welche Hornblenden unter diesen haben, und in solche, welchen Augite wesentlich sind. Während nun einige Felsarten dieser Gruppen sich gut von den anderen unterscheiden und als wohl bestimmbare Species erkennen lassen, giebt es wiederum viele, deren Zusammensetzung sich so schwer ermitteln läßt, daß es sehr unsicher ist, ja bei dem jetzigen Stande unseres Wissens unmöglich, genau begrenzte Arten aufzustellen, ganz abgesehen davon, daß manchmal Augit und Hornblende in ein und demselben Gesteine zusammenkommen *). Für manche Gesteine ist selbst nicht immer möglich, zu bestimmen, zu welcher dieser beiden Gruppen sie gehören, was Niemand wundern wird, der die große Aehnlichkeit der chemischen Zusammensetzung der Hornblenden und der Augite in's Auge faßt,

*) Hornblende ist z. B. in einigen Basalten, welche gewöhnlich nur Augite neben den übrigen Bestandtheilen enthalten, beobachtet worden. (Poggendorff's Annalen Bd. LXXVI. p. 111.)

und demnach die Schwierigkeit ermessen kann, auf chemischem Wege sie von einander zu sondern. Wir werden zunächst die Gesteine, welche noch bestimmt der ein oder anderen Gruppe zugewiesen werden können, betrachten und daran die weniger sicheren anreihen. Man hat früher namentlich die weniger leicht erkennbaren Gesteine als s. g. Grünsteine wegen ihrer in's Grünliche spielenden dunkeln Farbe, oder auch, nach einer schwedischen Bezeichnung, als Trappgesteine aufgeführt, ein Name, der noch häufig gebraucht und besonders auf etwas älteren geognostischen Karten nicht leicht vermißt wird.

3) Familie der Hornblendegesteine. Von solchen, welche noch deutlich wahrnehmbare Krystalle enthalten, gehören hierher nur der Diorit und der Dioritporphyr. Der Diorit ist ein inniges Gemenge von sehr leicht von einander zu unterscheidenden Krystallen von Hornblende und Albit oder Oligoklas. Letztere haben meist lichte Farben, weißliche, grauliche und graugrünliche; die Hornblende ist dunkel schwarzgrün, so daß der Diorit also von dem Syenit nur durch die Verschiedenheit der Feldspathart sich auszeichnet. Wie bei diesem, kommen auch hier zu den beiden wesentlichen Bestandtheilen oft Quarz, Glimmer, Magneteisen und andere hinzu. Im Allgemeinen sind Hornblende und Albit oder Oligoklas in gleicher Menge in den Dioriten in granitähnlichem körnigem Gefüge vorhanden, oft nimmt aber ein oder der andere Bestandtheil, namentlich aber ersterer, überhand, so daß oft große Massen nur aus Hornblende bestehen, für die man dann den Namen Amphibolit aufgestellt hat, von Amphibol, welchen Namen die gemeine Hornblende bei vielen Mineralogen führt. Ganz gleiche Zusammensetzung wie der Diorit und wie der Amphibolit zeigen oft zwischen Thonschiefern eingeschlossene Schichten, die man als s. g. Diorit- oder Hornblendeschiefer aufgeführt hat, da sie ebenfalls häufig eine schiefrige Structur erkennen lassen. Der Dioritporphyr hat eine grünlichgraue Grundmasse mit Hornblende und Albitkrystallen, die selbst wahrscheinlich ein inniges Gemenge beider Substanzen ist, oft sehr fein krystallinisch, oft dicht und amorph erscheint. Dies Gestein zeigt oft eine sehr deutliche Kugelstructur und wird dann auch als s. g. Kugeldiorit beschrieben. Der Diorit kommt nicht sehr selten, aber oberflächlich meist nur in sehr geringen Massen vor, in Rheinpreußen, im Harz

an verschiedenen Punkten, am mächtigsten entwickelt wohl am Ural. Er läßt fast immer gangförmige Massen und Kuppen erkennen, doch zeigt er auch hie und da Absonderung in Schichten. Die Gesteine dieser Familie sind meist älteren Ursprungs als die Trachyte, fast alle schon vor der Steinkohlenformation oder gleichzeitig mit derselben gebildet.

4) Familie der Augitgesteine. Zu dieser Familie gehören eine große Menge von Gebirgsarten, die sich in einer Reihe von den älteren, den Augitporphyren, an, bis in die Laven unserer jetzigen Vulkane verfolgen lassen und mehr durch die Zeit und die Formen ihres Auftretens, also mehr ihrem äußeren Ansehen, als ihrer mineralogischen und chemischen Zusammensetzung nach von einander verschieden sind. Die wesentlichen Bestandtheile der Gesteine dieser Familie sind nämlich Augit und zwar, wenn wir von dem Gabbro und dem Hypersthenfels absehen, der gewöhnliche schwarze Augit, außerdem eine sehr characteristische, als wesentlicher Gemengtheil vorzugsweise hier vorkommende Feldspathart, der s. g. Labrador, eine sehr kalkreiche Varietät mit Zwillingsstreifung, von welcher man früher glaubte, daß sie die einzige Feldspathart dieser Familie und nur in dieser vorkommend sei. Doch haben sorgfältige ausgedehntere Untersuchungen gezeigt, daß auch andere kalkreiche Feldspatharten, wahrscheinlich der s. g. Anorthit, ein nicht rechtwinklig spaltbarer Feldspath, zu der Bildung einzelner dieser Gesteine beitrage. Immerhin bleiben Augit und Labrador die Hauptbestandtheile sämmtlicher hierher gehörenden Massen, von denen wir folgende als noch am leichtesten unterscheidbare Gattungen zunächst betrachten wollen.

a) Augitporphyr auch schwarzer Porphyr und Melaphyr genannt [14]). In einer scheinbar einfachen dunklen, schwarzen, oft in's Grünliche gehenden Grundmasse, finden sich deutliche, manchmal zollgroße Augit- und kleinere Labrador- oder Oligoklaskrystalle eingewachsen. Dieser Porphyr kommt meistens mit anderen Gesteinen dieser Familie vor, ebenso auch mit Dioriten, mit welchen er gleichzeitig in der Epoche der Uebergangsformation entstanden ist. Nicht selten gesellt er sich auch zu dem rothen gewöhnlichen Porphyr, besonders in Südtyrol. Er tritt meist in Gängen als massiges Gestein, besonders die Schiefer und Kalksteine der Grauwackenformation durchsetzend, auf, dann bildet er Lager in den-

selben, oder breitet sich auch in Kuppen über jenen aus. Am Südrande des Harzes, im Fichtelgebirge, in Südtyrol ist er ziemlich mächtig entwickelt.

b) Hypersthenfels. Körniges Gemenge von Labrador und Hypersthen (s. p. 321). Meist dunkles Gestein, in dem der Labrador gewöhnlich in großen Krystallen vorkommt, die oft schneeweiß werden. Auch die Hypersthenkrystalle werden zuweilen groß und sind an ihrem kupferartigen Schimmer leicht kenntlich. Manchmal werden aber beide Gemengtheile so feinkörnig, daß das Gestein einfach, dunkelgrau, nicht glänzend erscheint, und sich sehr dem Basalte nähert. Der Hypersthenfels ist von geringer Verbreitung, am Harz, im Fichtelgebirge, im rheinischen Uebergangsgebirge, meist lagerartig auftretend. Ein großer Theil der s. g. Trappgesteine Schweden's gehört, nach G. Rose, der die ausgedehntesten und sorgfältigsten Untersuchungen über die Gruppe der Grünsteine angestellt hat, zu dem Hypersthenfels, mit dem meist der

c) Gabbro vorkommt, ein Gemenge von Labrador und der Augitvarietät Diallage (s. p. 321). Letzterer Bestandtheil erscheint meist in großen tafelartigen Körnern von trüber, braungrüner Farbe, hie und da mit einem metallischen Schimmer. Statt des Diallages tritt oft der sogenannte Smaragdit *) auf, ein Mineral, welches von schön grüner Farbe und nach Haidinger ein Aggregat von lamellenartig abwechselnden und mit einander verwachsenen Hornblende- und Augitkrystallen ist. Der Gabbro geht hie und da in den Hypersthenfels über. Er kommt, wie dieser, im Harz und in Tyrol, z. B. an der Straße über das Stilfser Joch, am Monte Rosa ꝛc. vor. An diese älteren Gesteine schließen sich nun verschiedene jüngere, die sich bis in die neuesten vulkanischen Gebilde fortsetzen, vorzugsweise mit dem Collectivnamen Trapp belegt worden sind, und weder durch ihr geognostisches Vorkommen, noch durch ihre sonstigen Eigenschaften eine scharfe Trennung in wohl begründete Gesteinsspecies zulassen. Was sie sämmtlich vor den älteren Gesteinen dieser Familie auszeichnet, ist die häufige Anwesenheit von Olivin, einem olivengrünen Minerale, welches aus einem Drittel-Silicate von Magnesia- und

*) Der Smaragdit bildet auch mit Granat ein sehr schön aussehendes, im Ganzen selten vorkommendes Gestein, den s. g. Eklogit, der wegen seiner Schönheit öfters verarbeitet wird, und im Fichtelgebirge z. B. auftritt.

Eiſenoxydul ($\dot{Mg}^3 + \dot{Fe}^3$) $\ddot{Si}$, mit 39—43,7% Kieſelſäure beſteht, außerordentlich ſchwer ſchmelzbar iſt, und meiſt in Körnern, in den Baſalten aber auch in körnig-kugeligen Maſſen bis zu Kopfgröße angetroffen wird. Es ſind dieſe Geſteine unter den Namen Dolerit, Anameſit und Baſalt aufgeführt worden [15]). Während

d) der Dolerit ein deutlich kryſtalliniſches Gemenge von Augit und Labrador mit etwas Magneteiſen erkennen läßt, iſt

e) der Anameſit ein ſo feinkörniges Geſtein, daß man mit den Augen wohl noch das kryſtalliniſche Gefüge, aber nicht mehr die einzelnen Beſtandtheile unterſcheiden kann.

f) Der Baſalt läßt nicht einmal mehr das kryſtalliniſche Gefüge deutlich wahrnehmen, ſondern erſcheint als ein dichtes, einfaches Geſtein, welches viel häufiger, als die beiden vorhergehenden Olivin unter ſeinen Gemengtheilen enthält, etwas waſſerhaftig iſt und meiſt ſchon deutliche Spuren von Veränderungen durch atmoſphäriſche Waſſer erkennen läßt. In dem Baſalte kommen häufig Blaſen und kleinere Höhlungen vor, welche durch ſpäter einſickerndes Waſſer mit verſchiedenen und zwar immer waſſerhaltigen Mineralien oder verſchiedenen Formen von Kieſelſäure (Opal, Chalcedon, Amethyſt ꝛc.) ganz oder theilweiſe ausgefüllt ſind [16]). Dieſe ſämmtlichen Gebirgsarten kommen meiſt in Gängen, Lagern, Kuppen und deutlichen Strömen vor, beſonders der Baſalt, der ſich noch durch ſeine Formen vor allen anderen auszeichnet, indem kein Geſtein ſonſt ſo häufig und ſo ſchön Abſonderung in Säulen erkennen läßt, als er und der Anameſit, wenn man dieſen von dem Baſalte ſondern will. Wer hätte nicht von der Fingalsgrotte zu Staffa, von dem ſogenannten Rieſendamm in Irland gehört und Abbildungen jener merkwürdigen Baſaltſäulen geſehen? An dieſe drei ſchließt ſich unmittelbar ein Theil der neueren Laven an, die ebenfalls häufig dieſelbe mineralogiſche Zuſammenſetzung und oft ein Gefüge zeigen, welches in kleineren Stücken eine Unterſcheidung zwiſchen ihnen und den baſaltiſchen Geſteinen unmöglich macht. Augit und Labradorkryſtalle laſſen ſich auch in ihnen deutlich erkennen, namentlich wenn man Maſſen unterſuchen kann, welche nicht von der Oberfläche eines Lavaſtromes genommen ſind, wo ſie raſch erkaltend ein ſchlackiges Anſehen haben, ſondern aus der Tiefe, wo ſie langſam erſtarrend ein mehr oder weniger deutlich kryſtalliniſches Gefüge zeigen.

An einzelnen Punkten kommen theils mit den basaltischen Gesteinen, theils unter ähnlichen Formen und von gleichem Alter zwei andere vor, welche neben dem Augite, statt des Labrador, ein anderes Mineral enthalten. Es ist dieses

g) der Nephelindolerit, den man früher für gewöhnlichen Dolerit hielt, der aber als ein Gemenge von Augit und Nephelin mit etwas Magneteisen sich herausgestellt hat. Nephelin ist ein Silicat von Kali, Natron und Thonerde, aber mit weniger Kieselsäure, als in dem Albit enthalten, der zwar außerdem dieselben Bestandtheile, aber eine andere Krystallform hat, so daß die Basen nicht vollkommen mit Säuren gesättigt sind.

h) Der Leucitophyr, auch Leucitlava genannt. Er enthält statt des Labradors Leucit, der eine $^2/_3$ kieselsaure Verbindung von Kali und Thonerde ist, häufig auch noch Labrador und Nephelin daneben und läßt so seine Verwandtschaft mit den Trappgesteinen leicht erkennen.

Während die früher (a—c) erwähnten Gattungen der Augitfamilie nur in Gangform, in Lagern und Kuppen vorkommen, so sieht man die basaltischen und die zuletzt erwähnten Gesteine häufig ganz wie unsere Lavaströme auftreten, und erkennt in manchen Gegenden sogar noch sehr wohl die Kratere, aus welchen dieselben entquollen sind. Sehr deutlich und gut erhalten zeigen sich diese alten, in einer früheren Periode der Erdbildung thätigen Vulkane mit meilenlangen Strömen von Basalt u. s. f. in der Auvergne, in dem rheinischen Uebergangsgebirge in der Eiffel, wo der Mosenberg ein sehr deutliches Beispiel dafür liefert, und an vielen anderen Orten. Da die Basaltgebilde größtentheils zu den jüngsten massigen Gesteinen gehören, so haben sie verhältnißmäßig eine große Oberflächenausbreitung erlangt, indem sie nicht so oft wie die früher erwähnten von späteren Niederschlägen überdeckt wurden. Wo sie auftreten, kann man sehr oft verschiedene Ablagerungen von Basalt schichtenartig über einander antreffen, die durch s. g. basaltischen Tuff (kleinere Basaltbrocken, welche durch Wasser theilweise zersetzt und schichtenartig abgesetzt sind), Schlacken und Conglomerate getrennt sind und in erstaunlicher Ausdehnung an der Oberfläche als Decken erscheinen. In Deutschland sind die Basalte sehr mächtig in Böhmen entwickelt, wo sie im Leitmeritzer Kreise in mehreren von Basaltgängen durchschnittenen Etagen auf-

treten; noch bedeutender ist die Basaltmasse des Vogelsberges, welche ungefähr 40 □Meilen bedeckt; besonders lehrreich aber für die Erkenntniß der Verhältnisse, unter welchen sie erscheinen, sind die Gegenden von Centralfrankreich, wo sie mächtige Ablagerungen, weit verbreitete Decken, aber ebenso eine große Menge deutlicher Ströme bilden, die sich bis zu ihrem Krater verfolgen lassen, und theilweise auf das Schönste zu Säulen sich abgesondert haben. Nirgends sind aber diese Gebilde in so großartigem Maßstabe entwickelt, als auf Island und in Vorderindien. Auf jener Insel ist die Trappformation nach Krug von Nidda und Sartorius von Waltershausen mit wenig Unterbrechungen über einen Raum von 1800 geogr. □Meilen ausgebreitet und die verschiedenen Ablagerungen haben dort eine Gesammtmächtigkeit von 2500 bis 3000 Fuß erreicht, indem Schichten von Trapp und Tuff, welche zuweilen Seemuscheln eingeschlossen enthalten, fortwährend mit einander abwechseln. In Vorderindien trifft man diese Gebilde selbst über einen Raum von 12000 geogr. □Meilen in fast ununterbrochenem Zusammenhange und einer bis 4000 Fuß ansteigenden Mächtigkeit verbreitet. Unmittelbar an den eigentlichen Basalt schließen sich die Massen an, welche einem Theile unserer jetzigen Vulkane entquellen. Es ist dies

i) die Lava. Unter diesem Namen werden jedoch verschiedene Gebilde zusammengefaßt, indem man mit diesem Worte alles Das bezeichnet, was im geschmolzenen flüssigen Zustande aus einem Vulkane an die Oberfläche befördert wird. Wir haben schon weiter oben von einer Trachytlava gesprochen, und es kommen noch verschiedene andere vor. Wir können Trachytlaven, Phonolithlaven, Doleritlaven, Basaltlaven, Leucitlaven unterscheiden. Sie haben mineralogisch keine andere Zusammensetzung, als die Trachyte, Phonolithe u. s. f. Es ist also mehr ihr äußeres Ansehen, ihre Ausbildung, welche sie von jenen Gesteinen unterscheiden läßt und je nachdem die Lava langsam oder schnell, in der Tiefe eines mächtigen Stromes oder an seiner Oberfläche erkaltet ist, wechselt auch ihr Aeußeres von dem schlackenartigen zerrissenen oder glasartigen bis zu einem vollkommen steinigen, dichten, ja krystallinischen Aussehen. Die Laven des Vesuvs scheinen nach Dufrenoy's Untersuchungen größtentheils aus Leucit und Augit mit Magneteisen und Olivin zu bestehen; die des Aetna und der liparischen Inseln

schließen sich genau an die Dolerite an, indem sie, nach Abich's Untersuchungen, Labrador, Augit, Olivin und Magneteisen enthalten. In mehreren Laven hat man auch Wasser nachgewiesen, z. B. in der des Monte nuovo, sowie in der des Lavastromes del Arso vom Epomeo.

Sämmtliche bisher betrachtete Gesteine haben als gemeinschaftliche Kennzeichen krystallinische Structur, Zusammengesetztsein aus mehreren Mineralien, eine gewisse Altersfolge nach der Zeit ihrer Entstehung, den Mangel an Versteinerungen in ihrer Masse und das eigenthümliche Vorkommen in Gängen, wobei jedoch auch schichtenförmige Lagerung nicht ausgeschlossen bleibt, wahrnehmen lassen. Sie stehen dadurch in einem sehr schroffen Gegensatz zu allen folgenden, die einfach, geschichtet, unkrystallinisch sind, nicht in Gangform andere durchsetzend auftreten, zahllose Versteinerungen enthalten und aus ihrer mineralogischen Beschaffenheit keinen Schluß auf ihr Alter zulassen, indem sie regellos in den verschiedensten Zeiten mit einander abwechselten. Die meisten dieser Gesteine sind außerordentlich weit verbreitet, haben eine vorwiegende, oft außerordentlich bedeutende Ausdehnung in horizontaler Richtung und sind wesentlich aus einer Mineralmasse gebildet. Wir bringen sie am einfachsten nach diesen Mineralien in eine Gruppe mit fünf Familien, in die der Kieselgesteine, Kalksteine, Thone, des Gypses und des Steinsalzes.

**Vierte Gruppe.** Einfache, geschichtete, in der Regel unkrystallinische, versteinerungführende Gesteine, von bedeutender horizontaler Ausdehnung und weiter Verbreitung auf der Erdoberfläche.

1) Familie der Kieselgesteine. Die Arten dieser Familie bestehen fast ganz allein aus Kieselsäure oder Quarz, in verschiedenen Modificationen mit vielen der Menge nach sehr unbedeutenden und wechselnden Beimengungen. Hier sind vor Allem zu erwähnen die s. g. Sandsteine, die gewöhnlich Quarzsandsteine sind. Sie sind aus mehr oder weniger kleinen, bald eckigen, bald abgerundeten Quarzkörnchen zusammengesetzt, welche, durch verschiedenartige Bindemittel aneinander gekittet, ein mehr oder weniger festes Gestein bilden, in dem sich hie und da verschiedene andere Mineralkörper zerstreut eingelagert finden. Die Quarzkörnchen selbst sind bald abgerundet, wie der Sand unserer Flüsse, bald eckig und scharfkantig, sehr häufig klar und farblos, oft milchig

trüb, hie und da auch verſchieden gefärbt. Viele Sandſteine beſtehen auch nicht aus Quarz, d. h. kryſtalliſirter Kieſelerde, ſondern aus amorpher, unkryſtalliniſcher. Manche haben äußerſt feine, faſt ſtaubartige Körnchen, bei anderen erreichen dieſe die Größe von Erbſen oder Bohnen. Das Bindemittel, welches die Körner zuſammenhält, iſt theils ebenfalls Kieſelſäure, theils kohlenſaurer Kalk, Eiſenoxyd und Thon, auch iſt es oft aus mehreren der ebengenannten gemengt. Die Farben der Sandſteine ſind ſehr verſchieden und rühren größtentheils von dem Bindemittel her; röthliche, gelbbraune, von Thon und Eiſenoxyd herrührende Farben erſcheinen als die häufigſten, manchmal wechſeln ſie ſtellenweiſe ab, und geben dem Geſteine ein buntes, fleckiges oder ſtreifiges und geflammtes Anſehen, doch ſind farbloſe Sandſteine ebenſo häufig, als gefärbte. Von beigemengten Beſtandtheilen ſind es außer den erwähnten Bindemitteln beſonders Glimmerſchüppchen und Feldſpathfragmente, welche deutlich zu erkennen ſind; kleinere oder größere Höhlungen finden ſich oft als ſ. g. Thongallen von bunten Thonen ausgefüllt, die auch häufig in Lagern zwiſchen Sandſteinſchichten ſich finden. Die Sandſteine zeigen meiſt ſehr deutliche Schichten und oft von ſolcher Mächtigkeit, daß man ſie nur an einer in bedeutender Dicke entblößten Felswand wahrnehmen kann. Sie ſind gewöhnlich nur durch Fugen von einander geſchieden, doch lagern ſich auch nicht ſelten dünne Maſſen von Thon zwiſchen die einzelnen Sandſteinſchichten ein. In kleineren Maſſen kommen kieſelige Bildungen untergeordnet mit verſchiedenen anderen Kieſelſäure haltigen Geſteinen vor und ſind hier als Zerſetzungsproducte derſelben anzuſehen. Hierher gehört der ſ. g. Kieſelſchiefer, ein dichtes, meiſt durch Kohle blauſchwarz gefärbtes Geſtein, welches auch als lydiſcher Stein, Probirſtein aufgeführt wird, und meiſt eine dickſchiefrige Structur zeigt, der Jaspis, durch verſchiedene Metalloxyde oft ſehr ſchön bunt gefärbte dichte Kieſelſäure, die in Oberitalien und Elba in prachtvollen Varietäten meiſt lagerartig, geſchichtet vorkommt, und der Hornſtein, den man als einen ungefärbten Jaspis anſehen kann, der jedoch oft noch andere Beimengungen enthalten oder vielmehr dichten, harten Geſteinen den Namen geliehen haben mag, die noch andere Beſtandtheile als Kieſelſäure führen und eigentlich nicht mehr dieſen Namen verdienen.

2) Familie der Kalksteine. Sie bestehen vorherrschend aus kohlensaurer Kalkerde, im krystallinischen Zustande, also aus Kalkspath (p. 322), zu dem sich jedoch bald mehr, bald weniger andere Stoffe, namentlich Bitterspath, in dem s. g. Dolomit, und Thon hinzugesellen.

A. Kalksteine im engeren Sinne. Sie gehören zu den allerhäufigsten Gebilden in allen Formationen, haben meistens eine dichte Structur, sehr vollkommene, oft an Schieferung grenzende Schichtung und sind sehr reich an Versteinerungen, namentlich von Seethieren, während die Sandsteine überhaupt ärmer daran sind und verhältnißmäßig häufiger Pflanzenreste einschließen. Selten sind die Kalksteine rein weiß, meist sind sie gelblich oder grau in verschiedenen Abstufungen gefärbt, doch kommen auch sehr bunte Kalke, namentlich unter den Marmorarten gar nicht selten vor. Nach ihrer Ausbildung theilt man sie am besten mit Naumann in drei Arten, in deutlich krystallinische, dichte und concretionäre Kalksteine.

a) Die deutlich krystallinischen Arten hat man auch als körnigen Kalkstein oder Marmor zum Theil aufgeführt. Einzelne Individuen des Kalkspathes von verschiedener Größe sind zu einem compacten, meist farblosen, oft zuckerartigen Gesteine zusammengetreten. Man unterscheidet darnach grob- und feinkörnigen Kalkstein. Die berühmten Marmorarten von Paros, vom Pantelikon und Hymettos und die von Carrara sind solche feinkörnige, weiße Kalksteine. Haben sie Farben, so sind dieselben meist sehr blaß, gelblich, röthlich, graulich, und durchziehen oft aderartig gar nicht oder anders gefärbte Stücke. Hie und da zeigt der Marmor mehr oder weniger bedeutende Höhlungen, die oft mit sehr schönen verschiedenartigen Mineralien angefüllt und deswegen dem Mineralogen eine angenehmere Erscheinung sind als dem Bildhauer. Die am häufigsten vorkommenden Gäste im Marmor sind Quarz, Granate, Zircon, Vesuvian, und von metallischen Schwefelkies u. a. [17]). Dem Gesteine selbst mengt sich an manchen Orten, z. B. in den Alpen, oft Glimmer und Quarz bei und zwar hie und da in solcher Menge, daß man solchen Marmor als eine besondere Gebirgsart, als sogenannten Kalkglimmerschiefer, aufgeführt hat. Der körnige Kalk zeigt nicht immer Schichtung, doch ist sie in den meisten Fällen seines Vorkommens

noch wahrnehmbar, auch Verſteinerungen fehlen demſelben gewöhnlich. Zu den kryſtalliniſchen Kalken gehören auch noch die ſogenannten Tropfſteine, jene allbekannten wunderlichen Gebilde in den Höhlungen der Kalkgebirge, welche von jeher die Phantaſie der Beſucher auf das Mannichfachſte angeregt haben.

b) Die dichten Kalkſteine ſind die gewöhnlichſten und bilden hauptſächlich das Material unſerer Kalkberge in allen Formationen. Sie erſcheinen dem bloßen Auge *) vollkommen dicht und unkryſtalliniſch, von muſchligem Bruche im Großen, feinſplitterig dagegen im Kleinen; manche laſſen auch ganz feine Poren, wie von Nadelſtichen, erkennen. Ihre Farben ſind ſehr verſchieden, gelbe und graue herrſchen meiſt vor, die ſehr bunt gefärbten dichten Kalke hat man ebenfalls „Marmor" genannt. Sie rühren von verſchiedenen Metalloxyden her, die dunkeln Farben häufig auch von organiſchen Subſtanzen, daher manche ſchwarze Kalkſteine beim Glühen ſich weiß brennen und dabei, ſo wie beim Auflöſen in Säuren oder bei heftigem Reiben, einen eigenthümlichen bituminöſen Geruch entwickeln. Der letzteren Eigenſchaft wegen, die man bald bei dem Bearbeiten und Zerſchlagen derſelben bemerkte, hat man ſolche Kalkſteine auch Stinkſteine genannt. Dieſe bituminöſen Stoffe rühren von der Vermoderung der Organismen her, welche unter den ſich abſetzenden Kalkſchichten begraben wurden und ſind in manchen ſo reichlich enthalten, daß man ſie an einigen Orten, da ſie ein brennbares Gas geben, durch Deſtillation der Steine zu gewinnen und nutzbar zu machen ſuchte. Man kann daraus ſchon entnehmen, wie reich an Verſteinerungen die Kalkſteine ſein müſſen und in der That ſcheinen ſie an manchen Localitäten faſt nur aus Reſten von Schalen und Kalkgerüſten größerer und kleinerer Thiere, namentlich von Korallen, zu beſtehen. Der gemeine, dichte Kalkſtein iſt meiſt ſehr deutlich und ſehr regelmäßig geſchichtet, und dabei oft auf große Strecken von vollkommen gleichmäßigem, feinem Gefüge. Der ſogenannte lithographiſche Schiefer iſt ein ſolcher feiner, dünn geſchichteter Kalkſtein, der ſeine Structur einer ſehr ungeſtörten, ſtets unter denſelben Verhältniſſen anhaltenden, gleichmäßigen Ablagerung in

*) Unter dem Mikroſcope laſſen auch ſie noch oft eine kryſtalliniſche Structur erkennen.

einer wenig bewegten Bucht des Jurameeres verdankt. Die hierher gehörigen Gesteine sind meistens sehr stark zerklüftet, daher die Kalkgebirge auf der Höhe meist dürr und dem Baumwuchse nicht zuträglich sind, während die Thaleinschnitte dagegen sehr reich an Quellen sich zeigen, indem das Wasser rasch durch die vielen Klüfte die Berge durchdringt und an dem Fuße derselben aus Spalten hervorbricht. Dem gemeinen Kalke sind bald mehr, bald weniger fremde Stoffe beigemengt, namentlich Quarz, Thon u. s. f., man hat darnach auch Kieselkalksteine und thonige Kalksteine als besondere Varietäten aufgeführt. Da kohlensauerer Kalk in dem kohlensäurehaltigen atmosphärischen Wasser sich verhältnißmäßig in ziemlicher Menge auflöst, so findet man von Quellen und Flüssen, welche aus kalkhaltigen Gesteinen kommen, oft bedeutende Ablagerungen von Kalk veranlaßt, die man als Travertin, als Tuff, Süßwasserkalk und Sprudelstein nach den verschiedenen Formen und Orten ihres Auftretens bezeichnet. Am Fuße der Apenninen sind diese Ablagerungen in manchen Gegenden sehr bedeutend und bilden in unglaublich kurzer Zeit mächtige Bänke von festem Gestein [18]). Diese neuen Kalksteine erscheinen meist von porösem, oft sehr zelligem, lockerem Gefüge und enthalten oft kugelige und schalige Concretionen, indem sich verschiedene Lagen von Kalk um einen beliebigen fremdartigen Körper herum gebildet haben, welcher zufällig in jene Wasser gelangte. Auch diese Kalke lassen oft deutliche Schichtung erkennen, enthalten ebenfalls sehr wohl conservirte Conchylien, oder andere Reste von Organismen, welche aber sämmtlich den Bewohnern des Festlandes oder des süßen Wassers angehörten.

c) Concretionäre Kalksteine. Sie bestehen aus rundlichen, hirsekorn- bis erbsengroßen Kalkmassen, welche, durch ein kalkiges oder kalkig-thoniges Bindemittel zusammengekittet, oft sehr bedeutende Ablagerungen bilden. Hierher gehören der sogenannte oolithische Kalkstein, der Erbsenstein und der Rogenstein. Die beiden ersteren zeigen rundliche, aus concentrischen Lagen bestehende Körner, die im oolithischen Kalksteine weniger regelmäßig, im Erbsensteine vollkommen kugelig ausgebildet sind und durch Kalk zusammengehalten werden, während im Rogenstein das Bindemittel schon sehr viel Thon- und Eisenoxydhydrat enthält und oft über die Körner vorherrscht. Der oolithische Kalkstein hat namentlich

in der Juraformation mancher Länder eine so mächtige Entwicklung, daß man dieselbe auch die Oolithformation genannt hat; die Rogensteine kommen als das unterste Glied der Buntsandsteinformation in Thüringen sehr stark ausgebildet vor, dagegen sind die Erbsensteine nur an einzelnen Localitäten als Absätze heißer Quellen zu finden, meistens enthalten die Körner ein kleines fremdartiges Körnchen, sehr häufig ein Quarzkörnchen eingeschlossen. Diese Absätze sowohl, wie die anderen kalkigen aus heißen Quellen bestehen zwar ebenfalls aus kohlensauerem Kalk, aber derselbe ist in einer anderen Krystallform, als der gewöhnliche aus kaltem Wasser sich absetzende, ausgebildet, als sogenannter Aragonit [19]).

B. Dolomite. Am Ende des vorigen Jahrhunderts entdeckte Dolomieu, daß viele für reinen kohlensaueren Kalk gehaltene Gesteine eine bedeutende Menge Magnesia enthielten, also aus Bitterspath (p. 323) bestünden. Dieses seit jener Zeit die Aufmerksamkeit der Naturforscher sehr in Anspruch nehmende Gestein hat man in vielen Formationen aufgefunden, und seinem Entdecker zu Ehren Dolomit genannt. Derselbe unterscheidet sich dem äußeren Ansehen nach nicht von vielen Kalksteinen, wie man denn auch bis auf Dolomieu alle für gewöhnliche Kalksteine hielt. Er kommt ebenfalls, wie der Kalk, in deutlich krystallinischen und dichten Abänderungen vor und besteht in den reinsten Varietäten aus Bitterspath, aus 54% kohlensaurer Kalkerde und 46% kohlensauerer Bittererde. Doch giebt es so allmähliche Uebergänge von diesem reinen Dolomit zu dem reinen Kalke, daß es schwer ist, eine Grenze zwischen beiden zu ziehen, indem man alle möglichen Zwischenstufen von 46 bis herunter zu 0% kohlensaurer Magnesia mit Kalk verbunden antrifft. Eine Form der Ausbildung kommt dem Dolomite zu, die man beim Kalke in der Art nicht beobachtet, nämlich eine cavernöse Structur. Feinkörniger Dolomit zeigt sich überall von kleineren, bald rundlichen, bald ganz unregelmäßigen, spaltenartigen Höhlungen durchzogen, die dem Gesteine an der Oberfläche ein Ansehen geben, als wenn es zernagt wäre. Diese Höhlungen sind oft mit sandartigem oder staubartigem Dolomite (s. g. Asche) angefüllt, oft aber auch leer und an den Wänden mit feinen Bitterspathkryställchen besetzt. In manchen Gegenden führt diese Art den Namen Rauchwacke oder Rauchkalk. Der Dolomit ist meist deutlich krystallinisch und viel seltener dicht, als

der gewöhnliche Kalkstein, in der Regel ungeschichtet, auf das Mannichfachste zerklüftet und zerspalten und bildet die sonderbarsten, oft pfeilerartigen Massen, welche sich zu sehr romantischen Felsenparthien gruppiren. Die so vielfach besuchten Gegenden des fränkischen Jura, bei Muggendorf, Streitberg u. s. w. verdanken den größten Theil ihrer Reize diesen Eigenschaften des Dolomites. Versteinerungen werden ebenfalls in ihm seltener angetroffen, als im Kalkstein und meist weniger gut erhalten, doch giebt es auch viele Punkte, wo der Dolomit sehr reich an wohlerhaltenen Resten untergegangener Organismen ist. An manchen Orten tritt er unter höchst eigenthümlichen Formen im Kalkstein auf, zeigt gangförmige, ja deckenförmige Lagerung auf demselben und hat deßhalb zu den verschiedensten Vermuthungen über seine Entstehung geführt. Wir werden darauf später zurückkommen.

C. Mergel. Dichte Kalke oder Dolomite, welche einen von 20—50 % und darüber gehenden Gehalt an Thon haben, meist Quarz und Glimmerschüppchen beigemengt enthalten, oft auch sehr reich an bituminösen Stoffen sind, werden Mergel genannt. Dieselben zeigen immer sehr deutliche Schichtung, ja oft eine wahre Schieferung, s. g. Mergelschiefer, die namentlich an etwas der Verwitterung ausgesetzten Massen sehr schnell zum Vorschein kommt, und beim Fortschreiten derselben das ganze Gestein in kleine, dünne, würfel- oder linsenartige Blättchen zerspaltet, die in ungeheueren Mengen am Abhange jeder Mergelwand angetroffen werden. Die Mergel sind eine sehr reiche und wegen der leichten Verwitterung und Zerbröcklung sehr leicht auszubeutende Fundgrube für Versteinerungen, die oft ganze Lager in denselben bilden. Banz im fränkischen, Boll im schwäbischen Jure sind solche berühmte Localitäten.

Noch wäre hier die Kreide zu erwähnen, die ebenfalls aus lockerem kohlensauerem Kalke besteht. Wir werden später dieselbe ausführlicher betrachten, da sie ein Product kleiner Thierchen ist, deren mikroscopische Schalen dieses einer bestimmten Formation angehörige Gebilde zusammensetzen.

3) Familie der Thone. Es gehört hierher eine große Reihe verschiedener Massen, welche hauptsächlich aus Thonerdesilicaten bestehen, geringe Härte besitzen, zerreiblich sind und im Wasser eine breiige oder knetbare, plastische Masse bilden. Sie sind aus der Zersetzung der verschiedenartigsten, Thonerdesilicat

enthaltenden Gebirgsarten (Granit, Porphyr, Grünsteine ꝛc.) hervorgegangen und zeigen deßhalb noch vielerlei andere Bestandtheile in ihrer Mischung, indem fast alle in jenen Gesteinen enthaltenen Basen, besonders Kali, Kalk, Magnesia und Eisenoxyd, wenn auch in sehr geringen Mengen, in Thonen angetroffen werden. Von der großen Reihe dieser Zersetzungsproducte wollen wir nur die hauptsächlichsten hier anführen.

a) Kaolin oder Porzellanerde, ($\dddot{\bar{Al}}^3 \dddot{Si} + 6\dot{H}$) dem Gewichte nach 47 % Kieselsäure, 39,3 % Thonerde und 13,7 % Wasser enthaltend; schneeweiß, aus zersetztem Feldspath entstanden, findet sich an manchen Orten in bedeutenden Lagern, z. B. bei Aue in der Nähe von Schneeberg in Sachsen, welche den Stoff für das berühmte Meißener Porzellan liefert, und mit unzersetztem Granit gemengt ein zwei Klafter mächtiges Lager bildet. Zu St. Yrieux, in Centralfrankreich, ist der Feldspath des Gneiß in eine Kaolinmasse verwandelt, die eine Mächtigkeit von 20 Meter erreicht und die Porzellanfabrik zu Sèvres mit Material versieht. Nesterförmig, d. h. in kleineren, nußgroßen Parthien, oder auch nur als eine Rinde den noch unzersetzten Feldspath umgebend, findet es sich in vielen Graniten, wo man die Umwandlung des Feldspaths in Kaolin sehr deutlich verfolgen kann.

b) Gemeiner Thon, Töpferthon, Pfeifenthon ꝛc. sind durch allerlei Beimengungen verunreinigtes Kaolin. Diese sind meist Quarzsand, Glimmer, Kalk, und ganz oder theilweise unzersetzte Stückchen andrer Gesteine. Die gewöhnlichen gemeinen Thone zeigen sich in der Regel gefärbt, braune, rothe, grüne, blaue ꝛc. Farben sind sehr häufig. In manchen Formationen erreichen diese bunten Thone eine ganz außerordentliche Mächtigkeit, z. B. in der Keuperformation; wo die verschiedenfarbigen Thonlager oft nach einer bestimmten Aufeinanderfolge sich oftmals wiederholen. Sie enthalten fast alle außer Thonerde noch Kali, Kalkerde, Magnesia und Eisenoxyd, und liefern nach ihrer größeren oder geringeren Reinheit das Material zu feineren oder gröberen Töpferwaaren, wie Steingut, Fayence, zu Thonpfeifen (sogenannten kölnischen Pfeifen) und gewöhnlichen Geschirren. Besonders stark mit Sand, Kalk und anderen Substanzen verunreinigte, meist gelbe Thone nennt man gewöhnlich Lehm, beim Brennen wird derselbe roth; er liefert das Material zu Ziegeln und Backsteinen;

der an Beimengungen besonders reiche Thon hat im Rheinthal den Namen Löß erhalten; an manchen Gegenden wird der Lehm auch Letten genannt. Als eine besonders erwähnenswerthe Varietät kann auch die Walkererde noch angeführt werden. Die reineren, sogenannten fetten Thone haben nämlich alle die Eigenthümlichkeit, Fette beim Trocknen an sich zu ziehen, und da man beim Walken der Tücher von dieser Eigenschaft Gebrauch macht, so hat man in England besonders eine dem mittleren Jura angehörende Schichtenreiche dieses dazu sehr gut geeigneten Thones Walkererde (Fullersearth) genannt. Steinmark, Bolus, Siegelerde u. s. f. sind ebenfalls solche thonartige Zersetzungsproducte, die jedoch überall nur in sehr untergeordneten Massen vorkommen.

4) Familie des Gypses. Sie ist von den beiden Mineralien Anhydrit und Gyps gebildet (p. 323) und enthält die beiden Gesteine gleichen Namens, die jedoch in verschiedenen Formen auftreten.

A. Anhydrit. Er erscheint als körniges und als dichtes Gestein, ähnlich dem Kalke. Der körnige zeigt ein mehr oder weniger deutlich krystallinisches Gefüge, und bildet sehr compacte, dem Kalke ähnliche Massen. Er ist meist weiß, doch kommt er auch in bläulichen, grauen, zuweilen auch röthlich gefärbten Abänderungen vor. Oft verliert sich das krystallinische Gefüge mehr und mehr und er geht dann in den dichten Zustand über. Im Ganzen ist der Anhydrit nicht sehr häufig, doch tritt er in manchen Formationen als ein sehr beständiger Begleiter des Steinsalzes auf, mit dem er schichtenweise wechselt. Von dem Kalke unterscheidet ihn sein höheres specifisches Gewicht und der Mangel an Aufbrausen, wenn er mit Säuren benetzt wird, auch fühlt er sich weniger kalt an, als dieser, indem er nicht so schnell der Hand Wärme entzieht. Der Anhydrit nimmt sehr leicht Wasser aus der Atmosphäre auf und verwandelt sich dadurch bald in Gyps. Man sieht daher häufig, daß mächtige Gypslager nach unten hin in Anhydrit übergehen, indem die oberen Massen desselben die unteren gegen das Eindringen des Wassers schützten.

B. Gyps. Er enthält 21% Wasser, ist daher leichter als Anhydrit und Kalk und zeichnet sich vor diesem auch noch durch seine große Weichheit aus, indem er sich mit dem Fingernagel schon ritzen läßt. Auch der Gyps kommt im krystallinischen und

dichten Zustande vor; die ersteren Varietäten liefern den sogenannten Alabaster; sie sind feinkörnig, schneeweiß, glänzend, oft mit perlmutterartigem Schimmer und durchscheinend. Häufig sind sie auch gefärbt, graulich, gelblich, röthlich; die gefärbten Parthien durchziehen oft aderartig ungefärbte Stellen. Außerdem kommt der krystallinische Gyps auch noch als s. g. Fasergyps vor, indem die einzelnen Krystalle sich linear, wie zarte Seidenfasern glänzend, aneinander legen. Er erscheint meist in sehr dünnen Lagern mit Thon gemengt, und ist für gewisse Formationen ein charakteristisches Gebilde. Der dichte Gyps ist meist graulich gefärbt; doch kommen auch schneeweiße Massen von ihm vor, auch röthliche, fleischfarbene sind nicht selten. Der körnige wie der dichte Gyps enthalten häufig allerlei fremde Krystalle beigemengt, namentlich Glimmer, Quarz und Schwefel. Beide Arten sind theils deutlich geschichtet, theils völlig ungeschichtet in regellosen Massen ausgebildet, oft stark zerklüftet und von unregelmäßigen Höhlungen (s. g. Gypsschlotten) durchzogen. Besonders in der Formation des Zechsteines am Südrande des Harzes, und in der Keuperformation, mit Anhydrit und Steinsalz auftretend, bildet der Gyps sehr bedeutende Massen. Da er im Wasser noch viel leichter löslich ist, als der kohlensaure Kalk (1 Theil Gyps in 400 Theilen Wasser), so werden Gypsmassen in merklicher Weise von Quellen und Flüssen fortgeführt; die eigenthümlichen Verhältnisse, unter welchen wir oft Gyps antreffen, z. B. das Ausgefülltsein von Spalten durch ihn, lassen sich aus dieser Eigenschaft leicht erklären.

5) Familie des Steinsalzes oder Kochsalzes. Die Eigenschaften desselben haben wir bereits pag. 324 erwähnt. Es findet sich als s. g. Steinsalz rein in großen, blockartigen Massen, ist aber auch oft nur in anderen Gesteinen eingesprengt und namentlich mit Thon häufig gemengt. Man hat, nach der Art seines Auftretens, blätteriges, körniges und faseriges Steinsalz unterschieden. Es kommt in größeren Massen nicht in den älteren Formationen, sondern erst in den secundären und tertiären Gebilden eingelagert vor, und erscheint als s. g. Steppensalz an der Oberfläche der Erde mit Sand und Thon gemengt, namentlich in Asien in ungeheurer Ausdehnung. An einzelnen Punkten der Erde steht es auch in wahren Felsen und Hügeln hervor, so bei Kor-

› da noch ziemlich ſcharfe Kanten und Ecken erkennen und dann, beſonders wenn das Bindemittel kryſtalliniſch wird, :ien genannt. Sie ſind in manchen Formationen ſehr entwickelt, in älteren ſowohl wie in neueren, z. B. in dem Todtliegenden und in den tertiären Molaſſebildungen, und en mehr als locale Bildungen von Intereſſe, verdienen icht als beſondere Geſteine aufgeführt zu werden.

dova in Katalonien, wo ein 550 Fuß hoher, eine Stunde im Umfange haltender, zackiger Salzstock sich gletscherartig erhebt. Am Huallaga in Südamerika steigen, nach Poeppig, unmittelbar am Bette des Stromes prachtvoll gefärbte indigoblaue, rosenrothe und weißliche, wohlgeschichtete Salzfelsen in die Höhe, und das dortige Flußthal bildet eine einzige, 60 geogr. □Meilen umfassende, mächtige Steinsalzablagerung. Von den unter der Oberfläche verborgenen Salzmassen sind die berühmtesten die von Wieliczka unweit Krakau, welche stellenweise eine Mächtigkeit von 1200 Fuß erreichen. Das Steinsalz zeigt häufig eine sehr deutliche Schichtung; hie und da hat man auch Reste von untergegangenen Thieren und Pflanzen in demselben gefunden.

Wir begnügen uns mit den bisher als „Gebirgsarten" aufgeführten Massen. Es kommen zwar noch mehrere andere in größerer Menge an einzelnen Localitäten vor; namentlich als Ausfüllungsmaterial von Spalten und lagerartig in anderen Gesteinen eingeschlossen finden sich viele andere mineralische und metallische Substanzen, doch tritt keine derselben so weit und allgemein verbreitet in solcher Häufigkeit auf, wie die bisher besprochenen, weshalb wir dieselben nicht besonders hier erwähnen wollen.

Wir haben schon in den letzten Familien einzelne Gesteine kennen gelernt, die aus einem Gemenge verschiedener anderer bestehen, z. B. den Mergel. An vielen Orten finden sich nun Gebirgsmassen, welche aus Bruchstücken anderer, zusammengesetzter oder einfacher, gebildet zu sein scheinen, und unter dem gemeinschaftlichen Namen der Conglomeratsteine zusammengefaßt werden. Man könnte nach dem vorwaltenden Bestandtheile dieser Conglomerate eben so viele Arten in ihnen unterscheiden, als es außer ihnen Gesteine giebt, und demnach Granit-, Syenit-, Gneiß-, Porphyr-, Grünsteinconglomerate u. s. f. aufführen. Sie bestehen theils aus Blöcken und Bruchstücken, Gerölle und Knollen, Körnern und Sand dieser und anderer Gesteine, und sind theils durch eine gleiche feinere Masse, theils durch anderweitige Bindemittel zu einem mehr oder weniger festen Gesteine zusammengekittet. Oft wechselt die Größe dieser zusammengekitteten Trümmer in einer Schichte bedeutend; wahre Blöcke wechseln mit kleineren Fragmenten, oft sind sie ziemlich gleichmäßig groß; meistens erscheinen sie abgerundet, wie die Rollsteine unserer Flüsse, lassen aber auch

hie und da noch ziemlich ſcharfe Kanten und Ecken erkennen und werden dann, beſonders wenn das Bindemittel kryſtalliniſch wird, Breccien genannt. Sie ſind in manchen Formationen ſehr mächtig entwickelt, in älteren ſowohl wie in neueren, z. B. in dem rothen Todtliegenden und in den tertiären Molaſſebildungen, und erſcheinen mehr als locale Bildungen von Intereſſe, verdienen aber nicht als beſondere Geſteine aufgeführt zu werden.

dova in Katalonien, wo ein 550 Fuß hoher, eine Stunde im Umfange haltender, zackiger Salzstock sich gletscherartig erhebt. Am Huallaga in Südamerika steigen, nach Poeppig, unmittelbar am Bette des Stromes prachtvoll gefärbte indigoblaue, rosenrothe und weißliche, wohlgeschichtete Salzfelsen in die Höhe, und das dortige Flußthal bildet eine einzige, 60 geogr. □Meilen umfassende, mächtige Steinsalzablagerung. Von den unter der Oberfläche verborgenen Salzmassen sind die berühmtesten die von Wieliczka unweit Krakau, welche stellenweise eine Mächtigkeit von 1200 Fuß erreichen. Das Steinsalz zeigt häufig eine sehr deutliche Schichtung; hie und da hat man auch Reste von untergegangenen Thieren und Pflanzen in demselben gefunden.

Wir begnügen uns mit den bisher als „Gebirgsarten" aufgeführten Massen. Es kommen zwar noch mehrere andere in größerer Menge an einzelnen Localitäten vor; namentlich als Ausfüllungsmaterial von Spalten und lagerartig in anderen Gesteinen eingeschlossen finden sich viele andere mineralische und metallische Substanzen, doch tritt keine derselben so weit und allgemein verbreitet in solcher Häufigkeit auf, wie die bisher besprochenen, weshalb wir dieselben nicht besonders hier erwähnen wollen.

Wir haben schon in den letzten Familien einzelne Gesteine kennen gelernt, die aus einem Gemenge verschiedener anderer bestehen, z. B. den Mergel. An vielen Orten finden sich nun Gebirgsmassen, welche aus Bruchstücken anderer, zusammengesetzter oder einfacher, gebildet zu sein scheinen, und unter dem gemeinschaftlichen Namen der Conglomeratsteine zusammengefaßt werden. Man könnte nach dem vorwaltenden Bestandtheile dieser Conglomerate eben so viele Arten in ihnen unterscheiden, als es außer ihnen Gesteine giebt, und demnach Granit-, Syenit-, Gneiß-, Porphyr-, Grünsteinconglomerate u. s. f. aufführen. Sie bestehen theils aus Blöcken und Bruchstücken, Gerölle und Knollen, Körnern und Sand dieser und anderer Gesteine, und sind theils durch eine gleiche feinere Masse, theils durch anderweitige Bindemittel zu einem mehr oder weniger festen Gesteine zusammengekittet. Oft wechselt die Größe dieser zusammengekitteten Trümmer in einer Schichte bedeutend; wahre Blöcke wechseln mit kleineren Fragmenten, oft sind sie ziemlich gleichmäßig groß; meistens erscheinen sie abgerundet, wie die Rollsteine unserer Flüsse, lassen aber auch

hie und da noch ziemlich ſcharfe Kanten und Ecken erkennen und werden dann, beſonders wenn das Bindemittel kryſtalliniſch wird, Breccien genannt. Sie ſind in manchen Formationen ſehr mächtig entwickelt, in älteren ſowohl wie in neueren, z. B. in dem rothen Todtliegenden und in den tertiären Molaſſebildungen, und erſcheinen mehr als locale Bildungen von Intereſſe, verdienen aber nicht als beſondere Geſteine aufgeführt zu werden.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum fünfzehnten Kapitel.

[1]) zu S. 353. Es braucht gar keines weiteren Beweises, daß eine naturgemäße systematische Eintheilung der Gesteine, ein „natürliches System", uns noch abgehe, als die einfache Erwähnung der Thatsache, daß man in jedem Lehrbuche der Geognosie eine andere findet, und daß sie nicht einmal familienweise von Allen gleichmäßig zusammengestellt werden. Man ist selbst nicht einmal über die mineralogische Zusammensetzung vieler sehr feinkörnig krystallinischer Gesteine, die scheinbar einfach sind, im Reinen, so daß auch aus diesem Grunde es schwierig ist, nur über die aufzustellenden Gesteinsspecies eine allgemeine Verständigung zu erzielen. Der Verfasser wird mit Keinem rechten, der eine andere Eintheilung und Aufzählung der Gesteine für besser hält, als die hier angenommene, bei welcher ihn die Absicht leitete, eine möglichst einfache zu geben, welche die Uebersicht erleichtert und nicht zu Eintheilungsgrund bestrittene und unsichere Verhältnisse, wie die Entstehung der Gesteine, wählt. Er verzichtet gerne auf eine strenge Systematik, und will lieber seine Eintheilung von einem Logiker schlecht, als von einem Naturforscher falsch nennen hören.

[2]) zu S. 355. An manchen Orten, namentlich in Schweden und Norwegen, tritt in dem Syenite Zirkon, ein Silicat der nach ihm s. g. Zirkonerde ($\dot{Z}r\ \dot{S}i$), in so großer Menge auf, daß er als ein wesentlicher Bestandtheil angesehen werden kann, und von Vielen wird daher dieser Syenit unter dem Namen Zirkonsyenit als besonderes Gestein aufgeführt.

[3]) zu S. 355. Naumann, Lehrbuch der Geognosie I. p. 564, unterscheidet sechs verschiedene Varietäten von Gneiß, von denen wir nur den körnigen mit einzelnen Glimmerlamellen, den flasrigen, in welchem die Glimmerblättchen flasrige Massen bilden, den stängeligen, in welchem Glimmerflasern sehr in die Länge gezogen und von geringer Breite erscheinen, und den schiefrigen hervorheben wollen, in welchem letzteren die Glimmerblättchen zu förmlichen Membranen zusammengetreten sind.

[4]) zu S. 356. Der Glimmer wird in manchen Gneißen durch Chlorit oder Talk vertreten, man hat diese Varietät als Protogyn bezeichnet. Sie kommt z. B. am Mont Blanc vor. Noch können wir ein dem Gneiße nahe stehendes Gestein hier erwähnen, welches wir seiner geringen Verbreitung wegen im Texte übergangen haben, den s. g. Granulit, auch Weißstein genannt, der wesentlich aus Feldspath, Quarz und Granat besteht, dem sich häufig noch Glimmer beigesellt. In Böhmen, Sachsen, den Vogesen ꝛc. kommt er mit Gneiß und Granit vor, ist wie ersterer geschichtet und geht in denselben häufig über. Granit und Gneiß sind in den meisten Fällen sehr wohl von einander zu unterscheiden, es giebt aber auch an vielen Orten Gesteine, von denen es nicht möglich ist, sie der einen oder der andern Gattung zuzutheilen, indem sie an verschiedenen, oft ganz nahe neben einander gelegenen Stellen bald Granit, bald Gneiß zu sein scheinen. K. v. Raumer hat im schlesischen Gebirge solche Massen häufig gefunden und sie als „Gneißgranit" bezeichnet, auch v. Eschwege hat in Brasilien's Küstengebirge dieselbe Beobachtung gemacht und gebraucht für jene Gesteine bald den Namen „Gneißgranit", bald „Granitgneiß." Jeder unbefangene Beobachter wird damit übereinstimmen, daß es nicht möglich ist, überall beide Gesteine von einander zu unterscheiden, was schon daraus hervorgeht, daß sie öfters ganz allmählich in einander übergehen.

[5]) zu S. 357. Dem Glimmerschiefer mengt sich an manchen Orten Magneteisen oder Eisenglanz in so bedeutender Menge bei, daß sie dann nicht nur als wesentliche Gemengtheile anzusehen sind, sondern manchmal selbst fast ganz allein in weiter Ausdehnung das herrschende Gestein bilden, wie z. B. öfters in Brasilien, wo letzterer Bestandtheil nach Eschwege als s. g. „Eisenglimmerschiefer" Lager von 6—10 Lachter Mächtigkeit und meilenweiter Ausdehnung bildet. (Geognostisches Gemälde von Brasilien p. 23.)

[6]) zu S. 358. Wir haben aus verschiedenen Zeiten und von Schiefern verschiedener Orte Analysen, welche die Ungleichheit ihrer Zusammensetzung

deutlich erkennen lassen, ohne jedoch im Ganzen eine sehr klare Vorstellung über dieselbe zu geben. Manche bestehen fast nur aus Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd und Wasser, andere haben neben diesen Bestandtheilen Kali in ziemlicher Menge, andere wieder Kalkerde und Magnesia. Bei einigen ist der Gehalt an Kieselsäure sehr gering, bei anderen sehr bedeutend, sie schwankt in verschiedenen Sorten zwischen 47,68 und 79,17. Die letzteren enthalten jedenfalls freie Kieselsäure, d. h. Quarz, beigemengt, da keines der in den Gesteinen sonst vorkommenden Mineralien einen so hohen Kieselsäuregehalt hat. Die Deutung der übrigen Bestandtheile ist sehr schwierig, geringe Mengen von Feldspath, Glimmer, Chlorit, Hornblende, auch Zersetzungsproducte, wie Thonerdesilicate, kann man schon daraus in ihnen vermuthen, weil Uebergänge in Glimmerschiefer, in Granit, in Hornblendegesteine aus verschiedenen Thonschiefern Statt finden. (Ueber die chemische Zusammensetzung der Thonschiefer sind umfassende Arbeiten von Frick und Sauvage vorhanden, erstere finden sich in Poggendorff's Annalen XXXV. p. 188 ꝛc., letztere in den Annales des Mines IV. Sér. Tom. VII. p. 411 und im Auszuge in Rammelsberg IV. Supplement zu dem Handwörterbuch des chemischen Theils der Mineralogie p. 222 ꝛc.; ebenso hat G. Bischof mehrere untersucht und die Resultate in seinem Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie II. p. 991, 1654 ꝛc. mitgetheilt.)

7) zu S. 360. Man hat verschiedene Uebergänge des Porphyrs in andere Gesteine erwähnt, in Granit und Syenit und in andere krystallinische Gebirgsarten. Die Porphyre der Lennegegend treten dort in dem Schiefergebirge auf theils als massige, dieselben stock- und gangförmig durchsetzende Gebilde, theils in ihren Endigungen ebenfalls schiefrig werdend, zwischen den gewöhnlichen Schiefern regelmäßig und gleichmäßig wie die Schichten dieser gelagert, und gehen allmählich in dieselben durch verschiedene Zwischenglieder über. In diesen Porphyren hat man auch eine Versteinerung gefunden, was noch in keinem Porphyr bisher beobachtet wurde. (Cfr. Dechen, im Archiv für Mineralogie ꝛc. von Karsten und v. Dechen XIX. p. 419 ꝛc.) Man hat bei den Porphyren ebenso wie bei den Thonschiefern eine sehr verschiedene Zusammensetzung gefunden und namentlich die Grundmasse darnach auf mancherlei Art gedeutet. Hauptsächlich waren es quarzhaltige Porphyre, die man analysirte, nachdem man vorher die Quarzkörner möglichst zu entfernen gesucht hatte. Von den rothen Porphyren aus der Umgegend von Halle sind verschiedene untersucht, der Kieselsäuregehalt ist zwischen 59,87 und 76,49 schwankend gefunden worden. Außerdem enthalten sie dieselben Basen wie manche Thonschiefer, z. B. wie der Goslarer und Prager, nämlich Thonerde, Eisenoxyd, Kalk, Magnesia, Kali, Natron. (Cfr. Rammelsberg, Supplement I. p. 117, II. 116, IV. 181.)

8) zu S. 361. Nach den Untersuchungen Abich's wechselt der Kieselsäuregehalt der hierher gehörigen Trachyte von 68,35 bis 75,09 %. Die Trachyte von Palmarola und Ponza bestehen nach der Berechnung Abich's aus 50 % glasigem Feldspath, 25 % Albit, 25 % Quarz. Von den in den Trachyten vorkommenden Silicaten hat der Albit 69, der glasige Feldspath 66 %, der Orthoklas 63, die Hornblende 60, die Augite bis 56, die Glimmer bis 48 % Kieselsäure. Man sieht daraus, wie der Kieselsäuregehalt dieser Gesteine nach der Menge der in ihnen enthaltenen an Kieselsäure reicheren oder ärmeren Mineralien wechseln und daß ein über 69 % Kieselsäure haltendes Gestein immer quarzhaltig sein muß.

9) zu S. 361. Der Kieselsäuregehalt dieser Gesteine ist immer geringer als der der vorhergehenden Abtheilung. Der Andesit vom Chimborasso enthält nach Abich 65,09 %, der vom Kotopaxi 63 % davon. Nach Abich besteht ersteres der Berechnung nach aus 55,41 % Albit, 18,47 glasigem Feldspath und 26,11 % Augit, Hornblende und Magneteisen. (Abich, Ueber die Natur und den Zusammenhang der vulkanischen Bildungen.)

10) zu S. 362. Bei den Phonolithen ist man noch mehr auf die chemische Analyse und deren Interpretation angewiesen, wenn man sich über ihre mineralogische Zusammensetzung Aufschluß verschaffen will, indem bei ihnen selten

deutliche Krystalle, außer denen von glasigem Feldspath, zu erkennen sind. Man hat sie gewöhnlich in der Weise untersucht, daß man sie, fein gepulvert, mit Salzsäure auszog, das auf diese Weise Aufgelöste für sich untersuchte, und ebenso wieder den unzersetzten Rückstand, den man für Feldspath hielt. Wir werden bei Besprechung der Grünsteine näher auf diese Untersuchungsmethode und das Fehlerhafte derselben eingehen. Die Phonolithe sind kieselsäurearme Gesteine, der vom Teplitzer Schloßberg hat, den zersetzbaren und unzersetzbaren Bestandtheil zusammengenommen, nur 55,38 % davon.

11) zu S. 362. Ueber das Auftreten dieser Gebilde in der angegebenen Weise sich zu unterrichten, findet man nirgends bessere Gelegenheit, als in der Auvergne und überhaupt Centralfrankreich, das als der klassische Boden für das Studium derselben seit langer Zeit angesehen wird; auch in Böhmen, Ungarn, den erloschenen, einer früheren Periode angehörigen italienischen Vulkanen erscheinen diese Gesteine unter ähnlichen Verhältnissen. Naumann hat in seinem Lehrbuche II. p. 1102—1108 viele dieser Beispiele näher beschrieben.

12) zu S. 362. Mehr ein theoretisches Interesse, als eine geognostische Wichtigkeit haben die hier erwähnten Gesteine, welche verhältnißmäßig in sehr geringer Menge auftreten. Pechstein, Perlit und Obsidian sind glasartig, structurlos; man hat sie als natürliche Gläser angesehen. Der Pechstein kommt, wie schon erwähnt wurde, mit den Porphyren vor, geht hie und da in dieselben über, tritt aber auch in Gängen und Kuppen mit denselben auf, und bildet namentlich in Sachsen ansehnliche Massen von mehreren 1000 Fuß Länge und Breite. Er hat seinen Namen von der großen Aehnlichkeit, welche manche Varietäten mit Pech haben; grünliche, röthliche, gelbliche, selbst schwärzliche Farben sind die gewöhnlichsten, die er zeigt. Er ist wasserhaltig und reich an Kieselsäure, nach Erdmann enthält der von Meißen 75,6 % davon. Außerdem kommen dieselben basischen Bestandtheile wie im Porphyr in ihm vor; Thonerde, Eisenoxyd, Kali, Natron, Kalk- und Talkerde und 4,7 % Wasser, auch bituminöse Stoffe hat man in einigen Pechsteinen nachgewiesen. Die Perlite oder Perlsteine sind emailartige, meist in rundlichen Massen abgesonderte, mit den Trachytgebilden zugleich auftretende, mit ihnen gemengte und in sie übergehende Gesteine von noch geringerer Verbreitung als die Pechsteine, und haben meist eine perlgraue Farbe. Am ausgedehntesten kommen sie in Ungarn vor, wo sie in der Gegend von Tokai über einen Raum von 12 □ Meilen verbreitet sind. Sie enthalten noch etwas mehr Kieselsäure, als die Pechsteine, bis zu 79 %, und viel weniger Wasser, von 0—4 %. Der Obsidian ist ein meist sammtschwarzes Glas, das bei manchen Varietäten in's Bräunliche und Grünliche übergeht. Er hat alle Eigenschaften eines Glases, Sprödigkeit, muschligen Bruch ꝛc. Die Obsidiane verschiedener Orte sind verschieden zusammengesetzt, namentlich der Kieselsäuregehalt schwankt zwischen 60,52 % (Teneriffa) und 74,05 % (Lipari), der Wassergehalt von 0,04 bis 0,52 %. Sie lassen sehr deutliche Uebergänge in Bimsstein erkennen, eine schlammige, blasige Substanz, die weiter nichts ist, als aufgeblähter Obsidian, und daher, wie dieser, verschiedene Zusammensetzung zeigt. Er findet sich meist mit Obsidianen und Perliten zusammen, in lockeren Fragmenten, hie und da in Obsidianströme eingebettet und in dieselben allmählich übergehend. Die scheinbare geringe Dichtigkeit desselben rührt von den vielen ihn durchziehenden Blasen und Höhlungen her; pulvert man Bimssteine, so zeigen sie ein ziemlich hohes specifisches Gewicht, von 2—2½. Der Obsidian bildet hie und da sehr deutliche Lavaströme; so läßt sich auf Lipari ein solcher Strom, der, 100 Fuß mächtig und bis ⅛ Meile breit, an das Meer reicht, zu einem der schönsten Kratere zurück verfolgen. Ebenso findet man sie an dem Pic von Teneriffa, wo sie mächtige Ströme von Glas darstellen, die alle nach oben zu voll von Poren und Blasenräumen werden, und so ganz allmählich in Bimsstein übergeben. „Es ist hier völlig deutlich, wie der Bimsstein durch Aufblähung des Obsidianes entsteht, vielleicht durch Entweichung des Bergöls." (L. v. Buch, Beschreibung der canarischen Inseln pag. 224 ꝛc.)

[13]) zu S. 363. Man hat bis vor Kurzem ein Verfahren angewandt, um diese scheinbar einfachen Gesteine zu zerlegen, welches, von falschen Voraussetzungen ausgehend, auch zu einer falschen Deutung der erhaltenen Resultate führen mußte. Gewisse, namentlich in den Höhlungen der Basalte vorkommende wasserhaltige Mineralien, s. g. Zeolithe, werden nämlich in fein gepulvertem Zustande von kalter Salzsäure zersetzt. Augite, Hornblenden, Feldspathe dagegen lösen sich, wie man glaubte, in ihr gar nicht. Man behandelte nun die Grünsteine gewöhnlich zuerst mit kalter Salzsäure, und suchte nun den zersetzbaren und unzersetzbaren Bestandtheil für sich besonders zu berechnen und zu deuten. G. Bischof hat jedoch gezeigt *), wie irrthümlich dieses Verfahren sei. Denn genauere Untersuchungen haben auf das Bestimmteste ergeben, daß alle Bestandtheile dieser Gesteine, wenn auch in verschiedenem Grade, von kalter Salzsäure angegriffen und theilweise zersetzt werden; daß also in dem zersetzten Theile jener nicht nur zeolithische, sondern auch bereits Bestandtheile von Hornblenden, Augiten und Feldspäthen mit enthalten waren, und der unzersetzte Theil kein einziges unverändertes und vollständiges Mineral enthielt. Dazu gesellt sich nun noch eine weitere Entdeckung der neueren Zeit, nämlich die, daß das atmosphärische Wasser selbst in einem höheren Grade, als man annahm, die Gesteine angreift und theilweise zersetzt, wie wir im XVII. Kapitel näher betrachten werden, so daß man also schon bei dem Beginne der Untersuchung eines Gesteines dasselbe möglicher Weise in einem bereits veränderten Zustande vor sich hat, ohne jedoch immer einen genauen Maaßstab dafür zu haben, wie weit diese Zersetzung schon vor sich gegangen sei. Eine weitere Schwierigkeit für die Untersuchung jener Gesteine ist die, daß sowohl die Feldspatharten als auch die Augit- und Hornblendearten keine constante Zusammensetzung zeigen, und wechselnde Mengen verschiedener Basen und manchmal alle zugleich enthalten. Die große Aehnlichkeit der Zusammensetzung von Augit und Hornblende wurde schon pag. 320 erwähnt. Der vorhandene oder fehlende Gehalt an Fluor in einem Gesteine, in dem sich sonst kein anderes flurhaltiges Mineral, wie z. B. der Glimmer, befindet, der größere oder geringere Gehalt an Kalkerde oder Magnesia kann uns oft allein einen Anhaltspunkt geben, ob wir auf Augit oder Hornblende schließen dürfen. Es gehört daher die Untersuchung dieser Gesteine und die Deutung der aufgefundenen Bestandtheile, ob nämlich diese oder jene bestimmten Species der Feldspatharten, ob Hornblende oder Augite in ihnen vorhanden seien, zu den schwierigsten Problemen der chemischen Geologie, zu deren vollkommener Lösung die jetzigen Hülfsmittel und Methoden noch nicht hinreichend sind. Es würde zu weit führen, hier näher auf dieselben einzugehen; wir verweisen diejenigen, welche sich näher darüber zu unterrichten wünschen, auf das schon öfter erwähnte Werk von G. Bischof, der im II. Bande von Kap. IV—XIV. die chemischen Verhältnisse der hierher gehörigen Mineralien und Gesteine ausführlich betrachtet.

[14]) zu S. 365. Die Unsicherheit der Eintheilung in Augit- oder Hornblendegesteine nach chemischen Untersuchungen zeigt sich sehr deutlich bei dem Melaphyre. Während der Name früher für Gesteine gebraucht wurde, welche deutliche Augitkrystalle erkennen ließen, identisch mit Augitporphyr gebraucht und von diesem auf andere Gesteine übertragen wurde, in denen man ebenfalls Augit als wesentlichen Bestandtheil vermuthete, ist neuerdings für viele dieser Melaphyre wahrscheinlich gemacht worden, daß sie Hornblende enthielten. Naumann hat daher als eine besondere Familie der hornblendehaltigen Gesteine die Melaphyre abgesondert und die anderen als Augitporphyre aufgeführt. — Im Allgemeinen zeichnen sich alle diese Gesteine, hornblende- wie augithaltige, durch einen geringen Gehalt an Kieselsäure vor den früher betrachteten aus. Die Labradore haben zwischen 52,3 und 55,76% Kieselsäure, die Augite zwischen 43 und 57,5. Der Kieselsäuregehalt augitischer Labradorgesteine kann daher, wenn keine anderen Bestandtheile in demselben enthalten

*) a. a. O. II. p. 628.

sind, nur zwischen 43 und 57,5% schwanken. In den Hornblendegesteinen, z. B. den Dioriten, kommen sowohl Feldspatharten als Hornblenden vor, welche mehr Kieselsäure enthalten. Der Kieselsäuregehalt der Hornblende selbst wechselt in den verschiedenen Varietäten von 43,23—57,20, die Feldspathe der Diorite schwanken in ihrem Kieselsäuregehalt von 44,49—53,05. Es ist bei vielen Gesteinen daher hauptsächlich der Kalk- und Magnesiagehalt, welcher entscheidet, ob Augit, ob Hornblende in der Gebirgsart vorhanden ist, indem die Augite kalkreich und magnesiaarm, die Hornblenden umgekehrt kalkarm und magnesiareich sind. — Nach den chemischen Untersuchungen der „Melaphyre" scheinen dem eben Gesagten nach allerdings manche Hornblendegesteine mit unter dieselben gerechnet worden zu sein, indem in denselben mehr Magnesia als Kalk angegeben wird. Dies gilt z. B. für einige der von Delesse untersuchten Melaphyre aus den Vogesen (Bischof, a. a. O. II. p. 641), während andere dagegen mehr Kalkerde enthalten, und also auch augithaltig sein können. Die Grundmasse sowohl, wie die darin eingewachsenen deutlichen Labradorkrystalle jener Melaphyre waren jedoch wasserhaltig, das Gestein also bereits nicht mehr in unverändertem Zustande, was die Deutung der Analyse noch unsicherer macht.

15) zu S. 367. Es läßt sich weder mineralogisch noch chemisch eine scharfe Grenze zwischen diesen drei Gesteinen ziehen, welche nur in ihrer physikalischen Ausbildung einen Unterschied zeigen, indem man die Dolerite als krystallinische Basalte, diese als dichte Dolerite betrachten kann. Der einzige Unterschied möchte der sein, daß in der Regel die reinen Basalte etwas mehr Magneteisen enthalten, als die Dolerite. Man sieht auch an manchen Basaltmassen sehr deutlich, daß sie an ihrer Oberfläche dicht sind, im Innern aber krystallinisch, also Dolerit werden. So wenig man nun die verschiedenen Theile eines Lavastromes, die viel größere Differenzen in ihren äußeren Formen und in ihrer Structur zeigen, als jene drei Gesteine, mit einander verglichen, erkennen lassen, als verschiedene Gesteine aufführt, ebensowenig ist es eigentlich gerechtfertigt, jene augitischen Labradorgesteine in drei verschiedene Species zu zerspalten. Man hat eine große Menge von Analysen der verschiedenen Trappgebilde von vielen Punkten der Erdoberfläche; sie führen alle ziemlich genau auf die im Texte angegebene mineralogische Zusammensetzung derselben. Es genüge hier die Mittheilung der Analyse eines Basaltes vom Stolpen (a) und von der Steinsburg bei Suhl (b), von der die übrigen nicht besonders abweichen. Es enthält a) nach Sinding (Poggendorff's Annalen XLVII. p. 182), b) nach Petersen (Rammelsberg, a. a. O. I. p. 84):

| | a) | | b) |
|---|---|---|---|
| Kieselsäure | 45,52% | | 51,69 |
| Thonerde | 17,72 „ | | 12,06 |
| Eisenoxydul | 7,17 „ | | 12,39 |
| Magneteisen | 7,69 „ | Eisenoxyd | 5,13 |
| Kalkerde | 11,15 „ | | 6,35 |
| Magnesia | 6,04 „ | | 7,65 |
| Natron | 3,08 „ | | 2,27 |
| Kali | 1,63 „ | | 2,45. |

Auch bei den Basalten zeigt sich zuweilen der Magnesiagehalt größer als der der Kalkerde; wie erwähnt wurde, kommt auch in ihnen hie und da neben Augit etwas Hornblende vor, welche dieses Ueberwiegen der Magnesia veranlassen mag.

16) zu S. 367. Nichts ist geeigneter, eine recht klare Vorstellung von der Wirkung des Wassers auf die Silicatgesteine zu geben, als eben die Betrachtung der in diesen Höhlungen sich vorfindenden Mineralien. Dieselben verdanken nämlich unzweifelhaft ihren Ursprung dem atmosphärischen Wasser, welches durch Klüfte, Risse und Poren dieser scheinbar ganz wasserdichten Gesteine hindurchsickert, dieselben theilweise zersetzt und die aufgelösten Bestandtheile in den kleinen Hohlräumen später zurückläßt. Diese haben bei dem außerordentlich langsamen Verdunsten des Wassers aus jenen Höhlungen Zeit, sich zu den

schönsten Krystallen zu formen und verrathen ihren wässrigen Ursprung schon durch den constanten Wassergehalt, der die meisten derselben auszeichnet. Setzt man dieselben der Löthrohrflamme aus, so schmelzen sie und blähen sich durch den dabei entweichenden Wasserdampf auf, kochen gewissermaßen, weßhalb sie auch den Namen Zeolithe (von dem griechischen Zeo, ich koche) erhalten haben. Der Wassergehalt ist oft sehr bedeutend, er steigt z. B. im Chabasite auf 21%. Es sind diese Zeolithe meist vorwaltend Thonerdesilicate mit Silicaten von Alcalien (Kali, Natron) und alcalischen Erden (Kalkerde, Magnesia 2c.) verbunden. Außerdem findet sich in diesen Höhlungen Kieselsäure, welche ebenfalls durch die Zersetzung dieser Gesteine von dem Wasser in sie eingeführt, und theils in Krystallen als Quarz, Amethyst, theils in dichten Massen als Chalcedon, Achat, Jaspis 2c., theils selbst mit etwas Wasser als Opal und Hyalith ausgeschieden wurde. Diese Blasen sind manchmal in außerordentlicher Menge ausgebildet und haben oft eine sehr regelmäßige mandelähnliche Gestalt, weshalb auch von Manchen solche Gesteine als „Mandelsteine" aufgeführt, und die Massen, welche diese Blasen ausfüllen, als „Mandeln" bezeichnet werden.

[17]) zu S. 372. Diese in dem Marmor wie in anderen Gesteinen sich häufig einfindenden unwesentlichen Bestandtheile werden oft sehr wichtig für die Beurtheilung der Verhältnisse, unter welchen sich ein Gestein gebildet hat. Außer den erwähnten Mineralien sind noch in dieser Beziehung von Wichtigkeit Hornblende, Augit, Feldspath, Glimmer, welche sich an manchen Orten in dem Marmor finden.

[18]) zu S. 374. Welche mächtige Ablagerungen eine einzige Quelle in kurzer Zeit zu Stande bringen kann, dafür liefern die warmen Bäder von San Vignone und San Filippo im Toskanischen die besten Beispiele. In der Röhrenleitung, welche unter einem Winkel von 30° das Wasser von der Quelle zu den Bädern an ersterem Orte führt, bildet sich in jedem Jahre eine Schichte Travertin von einem halben Fuß Dicke. Von dem Punkte, wo die Quelle zum Vorschein kommt, bis hinab zu dem Flüßchen Orcia, welches die Quelle aufnimmt, zieht sich ein deutlich geschichtetes Travertinlager, welches stellenweise 200 Fuß dick ist. Das Wasser, welches aus den Bädern von San Filippo kommt, fällt in einen Sumpf, wo es in 20 Jahren eine 30 Fuß mächtige feste Masse gebildet hat. Auch die Quellen dieses Bades haben von ihrem Ursprunge bis an das Flüßchen, in welches sie einströmen, ein Lager von Travertin gebildet, das 5/4 englische Meilen lang, 1/3 Meilen breit und stellenweise 250 Fuß mächtig ist. — Der Anio, berühmt durch seine Kaskaden bei Tivoli, hat in ähnlicher Weise eine 400 bis 500 Fuß mächtige Travertinablagerung zu Wege gebracht. Ausführlich hat Lyell diese Verhältnisse in seinen Grundsätzen der Geologie Band II. besprochen, dem die angeführten Beispiele entnommen sind.

[19]) zu S. 375. Jede chemische Verbindung nimmt beim Krystallisiren eine bestimmte Form an, welche zu ihren characteristischen, ihr wesentlichen Eigenschaften gehört. Die bei weitem größere Anzahl der Stoffe nimmt immer, unter allen Umständen, ein und dieselbe Form an, einige wenige jedoch haben die Fähigkeiten, zweierlei ganz verschiedene, zu verschiedenen Krystallsystemen gehörige Gestalten anzunehmen (Dimorphismus), dazu gehört z. B. der Schwefel, der Kohlenstoff, der in verschiedenen Formen krystallisirend Diamant oder Graphit bildet, und auch der kohlensauere Kalk. Von diesem wissen wir, daß er, aus einer kalten Lösung sich niederschlagend, stets als s. g. Kalkspath erscheint, während er aus einer heißen krystallisirend ein ganz anderes Mineral bildet, den s. g. Aragonit, der härter als Kalkspath ist, ein höheres specifisches Gewicht (2,9—3, während der Kalkspath 2,6—2,8 hat) und noch außerdem ein anderes physikalisches Verhalten, namentlich andre optische Eigenschaften zeigt.

# Sechzehntes Kapitel.

Die Entstehung der Gesteine; große Schwierigkeit, dieselbe für alle ausfindig zu machen. Entstehung der einzelnen Mineralien. Entstehung der Laven, Basalte, Trachyte, Grünsteine und Porphyre. Können quarzhaltige Gesteine geschmolzen gewesen sein? Einwände gegen die Möglichkeit einer plutonischen Entstehung der Gesteine der Granitfamilie. Doppelte Bildungsweise derselben.

Wir haben im vorigen Kapitel die Zusammensetzung, das Vorkommen und die übrigen wichtigsten Verhältnisse der Gebirgsarten unserer Erdrinde, so weit sie sich durch einfache Beobachtungen erkennen lassen, betrachtet, ohne jedoch einen der allerwichtigsten Punkte, nämlich die Entstehung und Bildungsweise derselben, zu berücksichtigen. Es ist dies deßhalb geschehen, weil die unmittelbare Beobachtung bei den allerwenigsten Gesteinen ihre Entstehung lehrt, die Bildung der wenigsten vor unseren Augen vor sich geht, und weil das zu Beobachtende auch in diesem Falle von dem daraus zu Erschließenden möglichst getrennt gehalten werden sollte. Es ist das aber gerade hier um so nöthiger, als die Frage von dem Ursprunge der Gesteine diejenige ist, welche noch die wenigst befriedigenden Antworten gefunden hat, und sie wahrscheinlich sobald noch nicht finden wird. Wir sind jetzt nach jahrelangem Hin- und Herstreiten zwischen Neptunisten und Plutonisten eigentlich erst am Anfange des Weges, der uns zu einer befriedigenden Lösung führen wird und insoferne ist es eines Theils schwierig und andren Theils wieder leicht, ein Kapitel über die Entstehung der Gesteine zu schreiben. Schwierig, weil nur wenig Zuverlässiges und Sicheres bisher darüber vorliegt, weil man eben erst angefangen hat, unbefangen die hierzu nöthigen Untersuchungen vorzunehmen, und eben deßwegen ist es wieder leicht, wenn man sich begnügen will, nur das wenige Sichere mitzu-

theilen. Die Geologie befindet sich gegenwärtig in Beziehung auf diese Fragen in einem Uebergangsstadium; die Uebergriffe des Plutonismus haben eine nothwendige Reaction zu Gunsten des Neptunismus hervorgebracht, von der sich noch nicht absehen läßt, wie weit sie führen und was das Ende davon sein wird. Daß es unter solchen Umständen schwierig ist, Resultate, auch nur als wahrscheinliche über dunkle Gegenstände einer Wissenschaft in einem derartigen Stadium mitzutheilen, wird Jeder anerkennen und doch verlangt gerade in solchen Zeiten der außerhalb derselben Stehende bestimmte Auskunft, wenn sie auch nur als eine wahrscheinliche gegeben werden kann. Man sollte glauben, es könne die Erklärung der Bildung von Gesteinen, da es sich dabei doch nur um einfache, bekannte chemische und physikalische Gesetze handle, keine so große Schwierigkeiten bereiten; nichts destoweniger sind dieselben doch so groß, daß selbst bedeutende Chemiker und ausgezeichnete Geognosten dieselben noch nicht haben bewältigen können. Wie es überhaupt nicht leicht ist, das Werden eines bereits Gewordenen zu begreifen, so ist es auch bei den Gesteinen, und die Schwierigkeit vermehrt sich, da man für diese mehrere Möglichkeiten des Werdens annehmen kann. Dazu kommt noch, daß dem Geologen nur in sehr beschränktem Maaße möglich ist, auf experimentellem Wege diese Fragen zu lösen, künstlich im Kleinen die Steine nachzubilden, indem ihm die Mittel nicht zu Gebote stehen, über welche offenbar die Natur dabei verfügen konnte. Dahin gehört vor Allem die Zeit. Manche Bildungen sind unzweifelhaft viele Jahrtausende hindurch ununterbrochen äußerst langsam vor sich gegangen, liefern erst in so langen Zeiträumen ein wahrnehmbares Resultat und spotten deßwegen natürlich aller Nachahmungskunst des kurzlebenden Menschen. Ebenso haben unstreitig Verhältnisse bei einzelnen Gesteinen eingewirkt, welche wir ebenfalls nicht künstlich hervorrufen und in ihren Einflüssen nicht einmal bemessen können. Dahin gehören z. B. hohe Temperaturen und hohe Druckgrade von anhaltender Dauer. Noch ein anderes Verhältniß kommt hier in Betracht, welches auch von außerordentlicher Wichtigkeit bei der chemischen Untersuchung der Gesteine ist, das von Einigen bedeutend überschätzt wird, während Andere nur geringes Gewicht darauf legen. Es ist dieses der fortwährend anhaltende Einfluß des atmosphärischen Wassers, das je nach der Menge, in

der es ein Geſtein durchdringt, nach der Leichtigkeit, mit der ſich deſſen Beſtandtheile auflöſen laſſen und nach der Dauer der Einwirkung von nicht genug zu beachtendem Einfluſſe auf die Zuſammenſetzung derſelben ſein muß. Wir haben nämlich ſchon weiter oben erwähnt, wie jede Gebirgsart von Sprüngen und Klüften durchſetzt wird, in denen das Waſſer ſich in die Tiefen begiebt und überall, wo der Menſch hinkommen kann, ebenfalls mit Leichtigkeit hingelangt. Das zeigt jedes Bergwerk auf das allerbeſtimmteſte, jede Tropfſteinhöhle, jede Quelle, die am Fuße eines Berges aus dem Felſen hervorbricht. Namentlich dieſe letzteren beweiſen aber auch zugleich, daß auf dieſem ſeinem verborgenen Wege durch die Geſteine das Waſſer eine Menge chemiſcher Proceſſe vermittelt. Denn wenn es als atmoſphäriſches Waſſer von oben her aus der Luft mit den Felſen in Berührung kommt, iſt es chemiſch rein, wie deſtillirtes Waſſer, und wenn es dann als Quelle wieder zum Vorſchein kommt, enthält es immer mineraliſche Subſtanzen, die uns ſeine auflöſende und zerſetzende Wirkung erkennen laſſen. Wir werden ſpäter dieſen Einfluß des Waſſers genauer verfolgen, hier ſollte derſelbe nur im Allgemeinen angedeutet werden, um daraus abnehmen zu können, wie ſchwierig es in manchen Fällen ſei, die normale chemiſche Zuſammenſetzung eines Geſteines finden und beſtimmen zu können. Denn wenn ich ein Stück eines ſolchen losſchlage und der Unterſuchung unterwerfe, wer kann beſtimmen, wie weit die urſprüngliche, unmittelbar bei Bildung des Geſteines demſelben zukommende Zuſammenſetzung noch erhalten ſei, und ob dieſelbe nicht ſchon Veränderungen durch die daſſelbe lange durchziehenden Waſſer erlitten hat?

Man faßt alle dieſe vom Waſſer vermittelten Vorgänge unter dem Namen „Geſteinsmetamorphoſen oder Umwandlungsproceſſe“ zuſammen und eben über ihre Wichtigkeit und die Wirkungen, die ſie bereits ausgeübt haben, ſind nach beiden Seiten hin übertriebene Anſichten geltend gemacht worden. Die Einen wollen denſelben auf die Zuſammenſetzung der Geſteine im Großen faſt gar keinen Einfluß einräumen und nehmen an, wenn nicht eine äußerlich ſchon wahrnehmbare Veränderung an den Mineralien vorhanden ſei, ſo ſeien ſie auch noch unverändert; die Anderen, jene Wirkungen überſchätzend, gehen ſo weit, daß ſie, ſo zu ſagen, gar keine Gebirgsart, welche einer chemiſchen Umwandlung fähig iſt,

nicht einmal in kleinen Parthien, als unverändert ansehen, auch wenn äußerlich gar nichts von einer solchen an derselben wahrnehmbar ist.

Man wird aus dem bisher Erörterten leicht entnehmen können, wie schwierig, ja unmöglich es gegenwärtig sei, mit Sicherheit die Entstehungsweise aller Gesteine zu enträthseln, wenn man nicht genau alle Verhältnisse derselben in's Auge faßt. Man kommt aber auch nicht zum Ziele, wenn man die Bildung der einzelnen Mineralien berücksichtigt, welche in den zusammengesetzten Gesteinen sich finden, denn diese letzteren namentlich sind es, welche die größten Schwierigkeiten bereiten. Doch führt gerade diese Betrachtung zu einem Resultate, welches uns von wesentlichem Nutzen für die Aufhellung jener dunkeln Entstehungsgeschichte der Felsarten sein kann. Sie zeigt uns nämlich zunächst, daß die wichtigsten der in jenen vorkommenden Mineralien auf verschiedene Weise entstehen, daß sie aus geschmolzenen Massen, aber auch aus wässrigen Lösungen sich krystallinisch ausscheiden können. Wir müssen sonach auch die Möglichkeit zugestehen, daß ein und dasselbe, aus jenen Mineralien zusammengesetzte Gestein ebenso gut einmal aus einem geschmolzenen Zustande, ein anderes Mal aus Wasser sich abgesetzt habe, d. h. also einmal als plutonisches, ein ander Mal als ein neptunisches Gestein anzusehen sei. Wir werden daher in jedem Falle möglichst genau die Verhältnisse untersuchen, unter denen wir ein solches Gestein auftreten sehen und darnach erst entscheiden, auf welche von diesen beiden möglichen Weisen es entstanden ist.

Betrachten wir nun in dieser Beziehung die Kap. XIV. angeführten Mineralien, so finden wir als entschiedene Schmelzungsproducte: Feldspath, Glimmer, Augit, Magneteisen, Olivin, die man theils in Hochöfen, theils in Schlacken angetroffen, auch durch Zusammenschmelzen der dazu nöthigen Substanzen künstlich erzeugt hat. Dagegen ist es bis jetzt nicht gelungen, Hornblende oder Quarz künstlich darzustellen [1]). Sämmtliche in Schlacken gefundene Mineralien sieht man auch in den Lavaströmen unserer Vulkane, dazu kommt noch Leucit, Labradorfeldspath, glasiger Feldspath, Albit und Hornblende; letztere hat man in unzweifelhaften Krystallen in Höhlungen von Vesuvlaven, in Aetnalaven und in den

trachytischen Laven des Epomeo außerordentlich häufig angetroffen [2]).

Auf nassem Wege, d. h. aus wässriger Lösung, hat man allerdings künstlich nicht eines der erwähnten Mineralien hergestellt. Die Substanzen, aus welchen dieselben bestehen, lösen sich in so unglaublich geringer Menge im Wasser auf, daß es bei der Kürze der Zeit, über welche Menschen gebieten können, nicht möglich ist, solche Versuche mit Aussicht auf Erfolg anzustellen, aber sie kommen größtentheils in der Natur einzeln unter Umständen vor, welche ihre Entstehung auf nassem Wege, ihre Ausscheidung aus Wasser durchaus unzweifelhaft erscheinen lassen. Sie finden sich nämlich in Höhlungen anderer Gesteine, welche unstreitig neptunische Gebilde sind, oder unter Umständen, welche eine andere Entstehungsart als durch wässrige Infiltration unmöglich annehmbar machen. So findet man z. B. in körnigem Kalke an manchen Localitäten nicht selten Hornblendearten, Augitarten eingeschlossen; Glimmer ist eines der am häufigsten auf nassem Wege entstehenden Silicate; für den Feldspath sind ebenfalls in der neueren Zeit unzweifelhafte Beispiele wässriger Bildung angegeben worden. Wir erwähnen statt aller anderen nur die von O. Volger *) beschriebenen, in denen Feldspathkrystalle auf Chlorit und Kalkspath, andere auf Schwefelkies aufsitzen, Eindrücke von Glimmer und Eisenspath zeigen, also nach allen diesen entschieden wässrigen Gebilden entstanden sind. Quarz ist ebenso, wie der Glimmer, einer der am häufigsten aus Wasser gebildeten Krystalle, so daß wir somit für die wichtigsten, in den zusammengesetzten Gesteinen auftretenden Mineralien eine doppelte Entstehungsart gefunden hätten.

In wie weit ist es nun erlaubt, die für die Bildungsweise der einzelnen Mineralien gewonnenen Resultate auf die Bildung großer aus ihnen zusammengesetzter ganzer Gebirge anzuwenden? Zur genügenden Beantwortung dieser Fragen fehlt uns noch sehr Vieles, und wir können weder auf die eine, noch die andere Weise alle Schwierigkeiten überwinden, alles Dunkle aufhellen, indem weder der Neptunismus noch der Plutonismus eine vollkommen befriedigende Erklärung der Entstehung der Gebirgsarten giebt, und uns hier noch mehr, als bei den einfachen Mineralien, das

*) O. Volger, Studien zur Entwicklungsgeschichte d. Mineralien p. 145, 172 ꝛc.

künstliche Nachbilden, das Erforschen auf experimentellem Wege erschwert und theilweise unmöglich gemacht ist. Auch die Verfolgung der Umwandlungsprocesse in den Gesteinen, so schätzenswerth die Resultate sind, welche man daraus zur Aufhellung der chemischen Vorgänge im Mineralreiche gezogen hat, helfen uns in diesem Falle bis jetzt noch wenig. Die Basis der Erfahrung hat noch nicht die Breite, daß man auf ihr sicher ganze Gebirge als metamorphosirte Bildungen errichten könnte, es fehlt der Beweis, daß die Umwandlungen, welche einzelne Mineralien, kleinere Massen erlitten, gleichmäßig ganze Gebirge betroffen haben, es sind wohl metamorphosirte Mineralien, aber noch keine vollkommen gleichmäßig metamorphosirten Gebirge nachgewiesen, sie sind noch immer eine Hypothese, auf die wir später noch einmal zurückkommen werden. Es wird daher am gerathensten sein, von den unzweifelhaft auf die eine oder die andere Weise entstandenen Gesteinen auszugehen und dann zu betrachten, welche ihrer mineralogischen und chemischen Zusammensetzung und den Formen ihres Auftretens nach an die einen oder die anderen sich anschließen. Da wir die Erde als eine ursprünglich geschmolzene Masse angenommen haben, so wollen wir von den geschmolzenen Massen ausgehen und mit diesen, den s. g. plutonischen Gesteinen, beginnen.

Plutonische oder pyrogene Gesteine. Hier sind es vor Allem die Massen, welche wir in geschmolzenem Zustande unseren Vulkanen entströmen sehen, die unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen; denn an deren plutonischem Ursprunge zweifelt kein vernünftiger Mensch. Wir sehen sie von verschiedenem Aussehen und von verschiedener Zusammensetzung, hauptsächlich als Augit-, Leucit- und Trachytlaven. Was die Form der Laven betrifft, so hängt dieselbe ganz von den Umständen ab, unter welchen sie erstarren. Die Oberfläche eines Lavastromes zeigt daher eine schlackenartige, rauhe, von den entweichenden Dämpfen zerrissene Fläche; nach der Tiefe zu, wo die Erstarrung langsamer von Statten geht, hatte die Krystallisationskraft einen freieren Spielraum, es bildete sich die Masse zu einer scheinbar gleichartigen, krystallinischen aus. Nur bei sehr langsamem Erkalten und bei sehr lange andauernder Flüssigkeit oder Beweglichkeit der Lava konnten sich größere Krystalle deutlich ausscheiden. Bei sehr mächtigen Lavaströmen hat man auch bemerkt, daß sie sich da, wo sie aufhörten zu fließen,

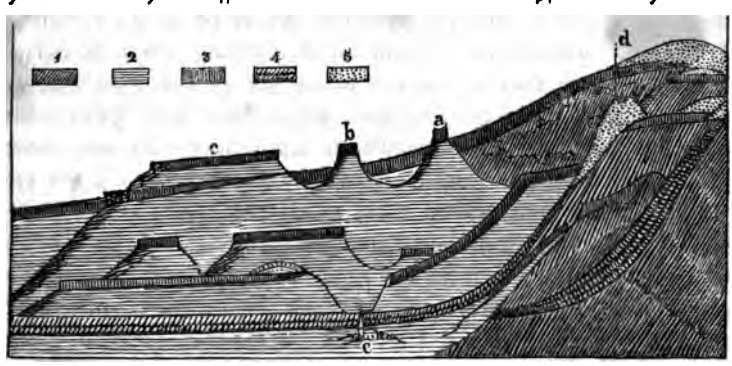
und eine bedeutende Dicke haben, beim Abkühlen in Säulen abſonderten, ähnlich denen, welche an Baſalten eine ſehr häufige Erſcheinung ſind. Dieſe Säulenbildung iſt ein rein phyſikaliſches Phänomen, abhängig von der Zuſammenziehung, die jedes aus höherer Temperatur in eine niedrigere übergehende Geſtein erleidet, und hat nichts mit der Kryſtalliſationskraft zu ſchaffen. Die Säulenbildung erfolgt ſtets ſo, daß die Säulen ſenkrecht auf der Abkühlungsfläche ſtehen; bei Baſaltmaſſen, welche ſich gangförmig in ſenkrechter Richtung zwiſchen andere Geſteine eingedrängt haben, ſind ſie daher alle horizontal, weil die Abkühlung hier von den Seitenwänden ausging. Die Laven der jetzt thätigen Vulkane zeigen aber ganz dieſelbe Zuſammenſetzung, einestheils wie die Geſteine der Augitfamilie, andrerſeits wie die der Trachyte. Wir finden Augit, Labrador, Magneteiſen und Olivin, Hornblende und Glimmer in ihnen, ebenſo glaſigen Feldſpath, z. B. in den trachytiſchen Laven des Epomeo.

Gehen wir von dieſen Thatſachen aus, ſo werden wir keinen Anſtand nehmen, zunächſt für die Baſalte und Trappe, welche nicht einen anderen mineralogiſchen Beſtandtheil enthalten, als die Laven, die Möglichkeit einer plutoniſchen Bildung zuzugeſtehen. Kein Geſtein hat vielleicht ſo viel Streit erregt, als der Baſalt, indem er ſo zu ſagen der erſte Stein war, der gegen den Werneriſchen Neptunismus erhoben, der erſte, der dem Neptun entriſſen, dem Pluto als Eigenthum zuerkannt wurde. Hier ſind es nun vor Allem die vulkaniſchen Gegenden von Centralfrankreich, die alten Provinzen Auvergne, Velay, Vivarais, welche die allerdeutlichſten Beweiſe für den plutoniſchen Urſprung der Baſaltgebilde liefern[3]) und uns manche räthſelhafte Erſcheinungen anderer Vorkommniſſe derſelben erklären. Dort ſehen wir zunächſt die ſchönſten Baſaltſtröme und können dieſelben zurückverfolgen bis zu ihren Kratern. Sehr lehrreiche Beiſpiele hierfür liefert der Mont Dore; eine ſeiner Spitzen zeigt, nach Poulett Scrope *), einen ſehr wohl erhaltenen Krater, und einen Strom vom ſchönſten Baſalt, der ſich 13 engl. Meilen weit verfolgen läßt; viele andere

*) Ein engliſcher Geologe, Poulett Scrope, hat, wie viele andere, die vulkaniſchen Gegenden Frankreich's ſehr genau unterſucht und ein vortreffliches Werk „Memoir on the geolog. structure of central France“ mit einem ſehr ausführlichen Atlas darüber herausgegeben.

zeigen ſich lagerartig übereinander an den Wänden des Thales, wo ſie von dem Fluß durchſchnitten ſind. So hat auch der Puy de Louchadière aus derſelben Gebirgskette einen ſehr wohl erhaltenen 486 Fuß tiefen Krater, an deſſen Rande ſtehend man den Baſalt in der Tiefe erblickt, als wenn er eben erſt herausquölle. Nicht alle Baſaltmaſſen der dortigen Gegend laſſen ſich noch mit Beſtimmtheit auf ihren Krater zurückführen, indem ſie theilweiſe zerſtört und nur noch Stücke von ihnen erhalten ſind, theilweiſe auch nicht aus eigentlichen Krateren, ſondern einmal ſich öffnenden Spalten emporgeſtiegen ſein mögen. Ein großer Theil dieſer alten Vulkane ergoß ſeine Maſſen in einen bedeutenden See, aus dem ſich namentlich Kalkniederſchläge mit vielen Verſteinerungen in den Pauſen von einer Eruption bis zur anderen bildeten, welche, durch ſpätere Baſaltſtröme überſchüttet, einen mehrmaligen Wechſel von plutoniſchen und neptuniſchen Geſteinen erkennen laſſen.

Wenn von den vielen Baſaltſtrömen des centralen Frankreichs nur noch wenige bis zu den Krateren oder Spalten der Erdrinde zurückverfolgt werden können, werden wir dann für diejenigen Maſſen derſelben Gegend, welche dieſen Zuſammenhang nicht mehr erkennen laſſen, einen anderen Urſprung annehmen? Werden wir nicht vielmehr glauben, daß durch ſpätere bedeutende Umänderungen jener Gegend die Kratere zerſtört ſind, die Ströme in einzelne Bruchſtücke zertheilt? Poulett Scrope giebt in ſeinem Atlas einen Durchſchnitt durch jene Gegenden, wir wollen hier einen Theil deſſelben in verkleinertem Maaßſtabe mittheilen.

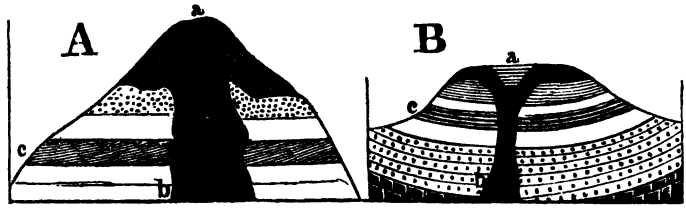



1) Granit. 2) Tertiärgebilde. 3) Baſalt. 4) Laven. 5) Aſchenkegel. c) Hergovia. d) Gravenère. e) Clermont.

a, b, c bildeten früher offenbar eine zusammenhängende Lavamasse, ebenso d und e. Man sieht, ihr Zusammenhang ist unterbrochen, sie erscheinen jetzt als isolirte Kuppen, und zwar als secundäre Kuppen (pag. 345). In anderen Gegenden tritt der Basalt meist in großen Decken und Lagern auf, die ebenfalls wie in unserer Figur bei a und b oft kleine Kuppen bilden. Wir haben die mächtigen Ablagerungen der Trappformation auf Island und in Ostindien erwähnt. Namentlich diese sind es, für welche man den plutonischen, eruptiven Ursprung nicht zugestehen wollte. Man hat sehr oft den Einwand gemacht, man müßte doch in diesem Falle Spalten vorfinden, welche in die Tiefen führen, aus denen die flüssige Basaltmasse herausgequollen sei. Es sind aber in der That sehr viele solcher Spalten mit Basalt gefüllt, wahre Basaltgänge, welche mit den oberen Massen in Verbindung stehen, aufgefunden worden, und wo man sie nicht aufzeigen kann, ist wenigstens auch nicht das Gegentheil erwiesen, nämlich, daß sie wirklich nicht vorhanden seien. Man denke sich z. B. a b sei eine

große Basaltdecke, welche man an der Oberfläche der Erde als Decke antrifft, und sie sei durch die Gänge c, d und e u. s. f. aus dem Inneren der Erde hervorgequollen. Man sieht nun leicht, wie schwierig es ist, das Vorhandensein solcher in die Tiefe führenden Massen nachzuweisen, wenn die Ablagerung a b nach allen Seiten hin weit über c, d und e hinaus sich erstreckt, die Basaltmasse oben gleichsam den Hut eines Schwammes oder Pilses darstellt, dessen Stiel durch die Gänge repräsentirt wird und wenn nicht durch die Natur selbst ein derartiger Durchschnitt, wie ihn die Figur darstellt, uns geboten wird, indem etwa bei a b eine Thalschlucht sich öffnet, welche uns jene Gänge erkennen läßt. Selbst in Fällen, wo man, wie in der Figur von pag. 395, bei a und b auf isolirten kegelförmigen Bergen Basaltkuppen findet, kann man nur dann davon überzeugt sein, daß kein in die Tiefe führender Kanal existire, wenn man in horizontaler Richtung durch den ganzen Berg Gänge und Stollen geführt und nirgends in der

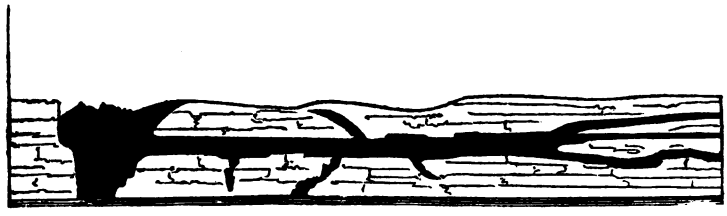
Mitte einen ſolchen angetroffen hätte. Eine derartige Unterſuchung eines iſolirten Berges iſt aber aus leicht begreiflichen Gründen noch nirgends vorgenommen worden; wo man zufällig anderer nützlicher Mineralien wegen Berge mit Baſaltkuppen bearbeitete, hat man auch wirklich ſolche in die Tiefe hinabdringende Maſſen gefunden, und durch die Natur ſelbſt ſind an manchen Felswänden derartige Verbindungsgänge aufgedeckt und ſichtbar gemacht worden. So hat man an dem Stolpen in Sachſen, wo der Baſalt auf einer Granithöhe liegt, denſelben im Schloßbrunnen 287 Fuß tief ununterbrochen verfolgt. Die folgenden beiden Figuren geben die Anſicht zweier ſehr ausgezeichneter ähnlicher Beiſpiele; die erſtere (A) ſtellt den Ziegenberg nach Leonhard*) dar, einen Kegel mit einer Baſaltkuppe a, deren Fortſetzung in die Tiefe b durch Stollen, welche man in die Braunkohle c an verſchiedenen Stellen getrieben hat, nachgewieſen iſt. Noch intereſſanter iſt das von



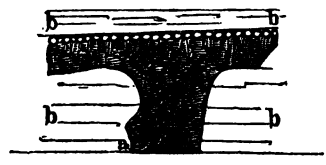

Murchiſon mitgetheilte Beiſpiel (B) aus dem Steinkohlenreviere Cornbrook bei Ludlow. Auch hier hat man durch die Arbeiten in den Steinkohlenſchichten c das Vorhandenſein des Baſaltes b in der Tiefe nachgewieſen, der zugleich die eigenthümliche Emporreißung und Verwerfung der Kohlenſchichten a auf den Gipfel der Baſaltkuppe verurſachte. Oefters ſind durch die Natur ſelbſt, namentlich an ſteil aufſteigenden Meeresküſten, ſolche Baſaltgänge in Verbindung mit Baſaltdecken dem Blicke zugänglich gemacht worden. Die frühere Abbildung auf pag. 396 zeigt ein derartiges Beiſpiel, nach Macculloch, auf der Inſel Sky. Nicht immer iſt der Baſalt an die Oberfläche getreten, oft iſt die größere Maſſe desſelben zwiſchen die Schichten jüngerer Geſteine eingepreßt worden,

*) C. C. v. Leonhard, die Baſaltgebilde Taf. XII.

die nun in regelmäßiger Lagerung sich zwischen denselben finden. Die folgenden zwei Figuren lassen sehr schön diese Art des Vorkommens erkennen *). Das erstere stellt eine Ansicht eines anderen



Stückes der Küste von Sky nach Macculloch vor; man sieht den Basalt in der abgebildeten Weise zwischen Sandsteinschichten; die zweite stellt ein von Klipstein beschriebenes Auftreten des Basaltes (a) im Koberstädter Wald zwischen Schichten des bunten Sandsteins (b) dar; der Basalt (Anamesit) ist oben säulenförmig abgesondert und geht nach unten hin in eine regellos zerklüftete doleritartige Masse über. Die angeführten Beispiele mögen genügen, um die Lagerungs-Verhältnisse der Basaltgebilde anschaulich zu machen, und den Ausspruch zu rechtfertigen, daß in solchen Fällen eine andere als eruptive plutonische Bildungsweise des Basaltes anzunehmen vollkommen unstatthaft sei.




Ebenso wie die Basaltgebilde finden wir aber auch die Gesteine der Trachytfamilie sehr häufig unter Umständen, welche uns die Entstehung derselben auf plutonischem Wege als einzige Annahme, für diese Fälle wenigstens, offen lassen. Wir haben schon erwähnt, daß die Lava des Epomeo einen deutlichen Strom von Trachyt bilde, ebenso ist am Fuße der Solfatara bei Neapel aus einer Spalte Trachyt hervorgebrochen und ebenso findet er sich am Monte Olibano. An diese Beispiele neueren Ursprungs reihen sich viele ältere, namentlich in der Auvergne. „Sehr ausgezeichnete Ströme von Trachyt finden sich am Mont Dore; dort sieht man zwischen dem Puy de Cliergue und Puy de la Grange

*) a. a. O. Taf. VI und VII.

fünf solcher Ströme, zwischen dem Capucin und dem Roc Courlande vier dergleichen. Diese Ströme sind vollkommen erhalten und lassen sich ganz so verfolgen, wie neuere Lavaströme; ihr Gestein ist ein homogener, grauer Trachyt" *). Wie die Basaltgebilde, so erscheinen auch die Trachyte häufig in deckenförmigen Ablagerungen und in Gängen. Im Siebengebirge kennt man vier solche Gänge von 3—20 Fuß Mächtigkeit; am Cantal gehören sie zu den häufigen Erscheinungen; auch am Mont Dore giebt es viele Trachytgänge, welche von 1—30 Meter mächtig sind, ihn ganz durchsetzen und sich an der Oberfläche oft zu Decken ausbreiten. An diesen Trachytmassen sieht man zugleich die verschiedenartigsten Formen, bald sind sie in die schönsten Säulen abgesondert, so z. B. am Gipfel des Mont Dore, bald bilden sie dünne Platten (namentlich in manchen Gängen hat man dies beobachtet), bald haben sie sich in einzelne Bänke und Schichten zerspalten, welche oft der äußeren Form des Berges folgen. Dasselbe gilt auch von den Phonolithen, sie haben ebenfalls hie und da Ströme gebildet, wofür die alten Vulkane von Centralfrankreich auch sehr bestimmte Beispiele liefern; sie durchsetzen in Gängen andere Gesteine, und hiefür finden sich fast in allen Ländern Beweise, am häufigsten erscheinen sie aber als isolirte Kuppen und Decken. Die Phonolithe sind meist in Platten abgesondert und zwar in dünnen Platten, welche sich nach den äußeren Umrissen der Berge, Ströme oder Gänge richten, so daß die Trennungsflächen parallel der Oberfläche gehen. In glockenförmigen Massen haben sie eine bogenförmig gekrümmte Richtung, in horizontalen Strömen liegen sie horizontal; steht einer derselben mit einem senkrechten Gange in Verbindung, so stellen sie sich dort senkrecht. Auch die Säulenform kommt an diesem Gesteine sehr schön vor, z. B. an den drei Phonolithbergen des Mont Dore; bald stehen sie senkrecht, bald divergiren sie nach außen, wie es auch an den Basalten häufig beobachtet wird.

Basalte, Trachyte und Phonolithe umschließen sehr häufig Bruchstücke anderer Gesteine, theils solche, welche sie aus der Tiefe mit hervorgebracht haben, theils solche, welche wir neben ihnen mehr oberflächlich antreffen. Namentlich die ersteren sind

*) Naumann, Lehrbuch der Geognosie II. 1103.

von großem Interesse, weil sie den deutlichsten Beweis liefern, daß ihre Masse aus der Tiefe gekommen ist und die Spalte nicht von oben ausgefüllt wurde. So fand z. B. L. v. Buch bei Donaueschingen im Basalte eingeschlossen ein Fragment, der Liasformation angehörig, mit noch kenntlichen Versteinerungen derselben. Diese Formation ist aber in jener Gegend nirgends an der Oberfläche der Erde sichtbar, sondern überall von mächtigen jüngeren Gebilden überlagert und bedeckt. Da dasselbe nun offenbar aus der Tiefe stammt, so muß auch das Gestein, in welches das Fragment eingeschlossen ist, aus der Tiefe heraufgekommen sein. Eine ähnliche Beobachtung machte Leonhard *) an dem s. g. Karfenbühl in der schwäbischen Alp, wo ebenfalls Fragmente des tiefer liegenden Lias mit denen des ihn überlagernden weißen Jurakalkes im Basalt gemengt angetroffen werden. „Sie beseitigen, sagt er, jeden Zweifel, der gegen die Abkunft der Conglomeratmassen aus den Tiefen angeregt werden könnte." Dasselbe gilt für die Phonolithe und Trachyte, auch sie schließen derartige Fragmente anderer Gesteine ein.

Sehr natürlich drängt sich uns die Frage auf, wenn solche geschmolzene, mit großer Hitze hervorbrechende Massen mit anderen in Berührung kamen, ob man da nicht die Wirkungen dieser Gluth an jenen Gesteinen merken müsse? In vielen Fällen können wir sie auch entschieden nachweisen; so tragen namentlich viele Sandsteine die deutlichsten Zeichen, daß sie einer bedeutenden Hitze ausgesetzt waren. Theilweise sind ihre Farben verändert, wie es durch Brennen derselben geschieht, hauptsächlich giebt sich aber die erlittene Erhitzung, durch eine Absonderung des Sandsteines in prismatische Stücke, in Säulen kund, wie sie ganz in derselben Weise an den sogenannten Gestellsteinen der Hochöfen, wenn sie lange der Gluth derselben ausgesetzt waren, sich zeigt. Diese Spaltung in Säulen beobachtet man an jenen Sandsteinen nur da, wo sie mit dem Basalte in Berührung kamen. Kalkfragmente haben oft ein etwas anderes, mehr marmorartiges Ansehen erhalten, doch haben sie nicht ihre Kohlensäure verloren. Auch an dem Kalke der Apenninen, von dem oft Fragmente mit Laven in Berührung waren, hat man dasselbe beobachtet. Wir wissen, wie schlechte

*) Leonhard, die Basaltgebilde II. p. 325.

Wärmeleiter die Mineralien sind, es darf uns daher nicht verwundern, daß die Hitze nur auf sehr geringe Entfernungen hin wirkte, und daß in manchen Fällen an den Gesteinen selbst keine deutlichen Beweise der Einwirkung hoher Temperaturgrade sich bemerklich machen[4]).

Haben wir auf diese Weise die plutonische Bildungsweise der Basalt- und Trachytgebilde nachgewiesen, so wird wenigstens von mineralogischer Seite die Möglichkeit einer gleichen Entstehungsart für die, ganz gleiche Bestandtheile enthaltenden, übrigen „Grünsteine" und Melaphyre zugestanden werden müssen. Da nun auch das Vorkommen derselben unter ganz ähnlichen Umständen und Erscheinungen sich zeigt, wie das der bisher betrachteten Gesteine, so wird auch für sie ein gleicher Ursprung wie für jene anzunehmen sein.

Mineralogisch betrachtet, lassen auch die Porphyre keinen anderen Bestandtheil erkennen, als die bisher erwähnten Gesteine, mit Ausnahme des Quarzes in den quarzhaltigen Porphyren, auf den wir weiter unten noch einmal zurückkommen werden. Der Porphyr reiht sich aber ebenso den Formen seines Auftretens nach auf das allerentschiedenste den Trachyten und Basalten an. Kuppen, Decken, Lager, Gänge sind die allergewöhnlichsten Vorkommnisse. Auch sie schließen häufig Fragmente des Nebengesteines ein, welche oft bedeutende Blöcke darstellen. Granit, Gneiß, Glimmerschiefer und Thonschiefer sind es hauptsächlich, welche die Fragmente geliefert haben, in manchen Gegenden bemerkt man ebenfalls, wie in den Basalten, daß Gesteine, welche dort nicht an der Oberfläche der Erdrinde neben dem Porphyre vorkommen, in demselben eingeschlossen sind. So ist bei Prositz in Sachsen „ein prächtiger, über 250 Fuß mächtiger Gang desselben Gesteins (quarzfreien Porphyrs) entblößt, welcher zwischen Granit und Thonstein aufsetzt und die Eruptionsspalte der, in den Thälern von Pröda und Mohlis weit ausgebreiteten, Porphyrablagerung zu bezeichnen scheint. Dieser Gang umschließt nicht nur Granitfragmente, sondern auch zuweilen Schieferbrocken, obwohl weit und breit kein Schiefer anstehend zu finden ist" *). Es würde zu weit führen, wollte man alle die Beispiele von deutlichen Gängen mit ihren Einschlüssen aufführen,

*) Naumann, a. a. O. II. p. 670.

die man fast in allen Gegenden, wo Porphyre auftreten, beobachtet hat[5]). Nirgends kommen so bedeutende Ablagerungen von Porphyr vor, wie sie die Trapp- oder Basaltformation an manchen Punkten der Erde aufweist; nirgends kommt der Porphyr in weiter Verbreitung geschichtet und ohne Gänge vor. Man hat auch bei ihm dieselbe Beobachtung gemacht, wie bei den Basaltgebilden, daß er oft in horizontalen Lagern zwischen geschichteten neptunischen Gesteinen mit ihnen wechselnd liegt; in manchen dieser Fälle hat man den Zusammenhang dieser Lager mit in die Tiefe sich erstreckenden Porphyrgängen dargethan, namentlich gilt dies für die Freiberger Gegend; und wo man dieses nicht nachgewiesen hat, ist wenigstens auch das Nichtvorhandensein oder Nichtvorhandengewesensein nicht dargethan worden; es gilt daher in dieser Beziehung für den Porphyr dasselbe, was wir darüber in Beziehung auf den Basalt pag. 396 erörtert haben[6]). Die Porphyre haben noch eine besondere Wichtigkeit wegen des constanten Vorkommens von Quarz in der einen Abtheilung derselben, und der an das Erscheinen desselben in einem Gesteine sich anknüpfenden Folgerungen. — Wir haben schon bei der Beschreibung der einzelnen Mineralien pag. 316 erwähnt, daß der Quarz zu den ungemein schwer schmelzbaren Substanzen gehöre, von allen in den krystallinischen Silicatgesteinen vorkommenden Mineralien am schwierigsten zum Schmelzen zu bringen sei. Da man nun in den Laven keinen Quarz antrifft, so gingen manche Neptunisten so weit, die bloße Anwesenheit dieses Minerals als ein sicheres Zeichen anzusehen, daß das ihn enthaltende Gestein nicht geschmolzen gewesen sein könne. Wüßten wir genau, welchen Hitzegrad jene geschmolzen gehabt haben, oder könnten wir vielmehr aus irgend welchen Zeichen eine Grenze der Temperatur angeben, welche jene Massen nicht überschritten haben, so würden wir jene Behauptung als gerechtfertigt ansehen können, wenn jene Grenze noch unterhalb des Schmelzpunktes des Quarzes läge. Von solchen Zeichen finden wir aber keine Spur, wir können gar nichts über die Temperatur jener Massen angeben und es ist auch nicht ein Grund vorhanden, welcher gegen die Möglichkeit spräche, daß sie eine so hohe Temperatur hatten, welche hinreichte, um den Quarz zu schmelzen. Im Gegentheil haben wir selbst an unseren Laven zuweilen wahrnehmen können, daß ihre Temperatur dazu hoch genug war, wie

in dem pag. 91 Anm. 16 erwähnten Falle, in welchem ein Feuerstein, d. h. Quarz, an seinen Kanten von vesuvischer Lava geschmolzen war. Ueberdieß enthalten aber auch noch manche Trachyte wohl erkenntliche Quarzkörner eingeschlossen. So hat ihn Weiß in dem Trachyte des Cantal gefunden, Beudant in ungarischen, Fiedler in manchen Trachyten der griechischen Inseln *).

Daraus geht deutlich hervor, daß das Vorkommen von Quarz an und für sich durchaus kein Grund ist, die plutonische Entstehungsart eines Gesteines in Zweifel zu ziehen. Wohl aber können die Umstände, unter welchen er in Gesteinen auftritt, die Gesellschaft, in welcher er sich findet, oft den Beweis liefern, daß er nicht von Anfang an zugleich mit der übrigen Masse geschmolzen war, oder daß die ihn begleitenden und neben ihm liegenden Gemengtheile nicht zugleich mit ihm heißflüssig waren. Dahin gehört z. B. das Vorkommen von Magneteisen. Die Kieselsäure (Quarz) hat nämlich eine große Verwandtschaft zu Eisenoxyden und verbindet sich in der Hitze leicht zu Eisenoxydulsilicat; wäre nun Magneteisen, bestehend aus Eisenoxyduloxyd und Quarz, gleichzeitig geschmolzen gewesen, so hätten sie sich nothwendig mit einander verbinden müssen, wir würden in dem Gesteine nach seiner Erkaltung nicht beide unverbunden nebeneinander antreffen. Wo wir daher in einer Gebirgsart diese beiden Mineralien in Gesellschaft sehen, können wir mit Sicherheit daraus schließen, daß einer oder der andere Bestandtheil, vielleicht auch beide, erst später durch Zersetzungsprocesse, welche das in allen Gesteinen kreisende Wasser vermittelt, entstanden seien, und wenn diese Annahme sich als unstatthaft herausstellen sollte, daß jene Gebirgsart eben nicht geschmolzen gewesen sein könne.

Ein weiterer Umstand, den wir bei solchen Urtheilen über die Entstehung eines quarzhaltigen Gesteines wohl in's Auge zu fassen haben, ist die Art und Weise, in welcher wir denselben ausgebildet, auskrystallisirt finden. Es ist nämlich in einem Gemenge von verschiedenen Krystallen oft leicht möglich, zu bestimmen, welcher Bestandtheil früher, welcher später sich in Krystallen ausgeschieden habe. Wir erwähnten nämlich schon im XIV. Kapitel,

*) Naumann, a. a. O. I. p. 634, wo noch mehrere derartige Beispiele erwähnt sind.

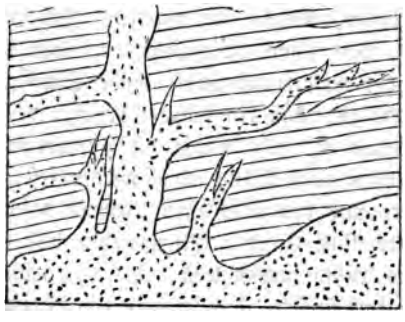
daß in den zuſammengeſetzten kryſtalliniſchen Geſteinen die einzelnen kleinen Kryſtalle ſo nahe aneinander liegen, daß ſie ſich gegenſeitig in der Ausbildung ihrer Formen ſtören. Nun iſt offenbar, daß, wenn wir in der Maſſe eines Kryſtalles, wir wollen annehmen, eines Feldſpathes, einen Quarzkryſtall eingeſchloſſen finden, ſei es ganz oder halb, der eingeſchloſſene Kryſtall früher gebildet geweſen ſein muß, als der ihn einſchließende; finden wir dagegen einen Feldſpathkryſtall mit einzelnen Ecken in einen Quarzkryſtall hineinragen, ſehen wir beim Zerſchlagen eines Geſteines Eindrücke von Feldſpath in Quarz, ſo iſt offenbar, daß der Feldſpath früher feſt war, als der Quarz, dieſer nach jenem ſich ausgebildet hat.

Wenden wir nun dieſe Betrachtungen auf die Beurtheilung der Entſtehung quarzhaltiger Geſteine an, ſo können wir bei den Porphyren aus denſelben für die Beurtheilung ihrer Bildung keinen Anhaltspunkt gewinnen, werden aber ſogleich bei der Betrachtung der Granite und granitähnlichen Geſteine auf dieſe wichtigen Verhältniſſe zurückkommen. Wir wollen hier nur noch eine Thatſache anführen, welche wir von allen bisher beſprochenen maſſigen Geſteinen nur bei ihm erwähnt finden, nämlich die, daß man in einem ſchiefrigen Porphyre aus den Lennegegenden eine deutliche Verſteinerung gefunden hat*). Es iſt dies der allerſicherſte Beweis, daß dieſe Porphyrmaſſen nicht auf plutoniſchem Wege entſtanden ſind und wir hätten ſomit in dem Porphyr das erſte Geſtein, für welches wir die Möglichkeit einer zwiefachen Entſtehungsweiſe verwirklicht ſehen. Wir werden darauf noch einmal beſonders eingehen und dabei die eigenthümlichen Verhältniſſe jener Porphyre etwas näher betrachten.

Wir kommen nun zu der Beſprechung der granitiſchen Geſteine. Sie unterſcheiden ſich in ihren Verhältniſſen weſentlich von den bisher erörterten, wie wir ſchon bei der Schilderung der einzelnen Geſteinsgruppen hervorgehoben haben. Während nämlich die bisher betrachteten alle eine verhältnißmäßig geringe Oberflächenausdehnung hatten, alle in Gängen, andere Geſteine durchſetzend, auftraten, und dadurch ihren Urſprung aus der Tiefe beurkundeten, nur in manchen Fällen Quarz enthielten und ſelten eine Abſonderung in Schichten zeigten, ſo verhalten ſich die granitiſchen

*) Karſten und v. Dechen, Archiv für Mineralogie ꝛc. Bd. XIX. p. 367 ꝛc.

Geſteine in allen dieſen Punkten ganz anders. Sie haben eine außerordentlich weite horizontale Ausdehnung, zeigen, mit Ausnahme mancher Granite, keine Gänge, ſind alle in den meiſten Fällen deutlich geſchichtet, und haben als weſentlichen Beſtandtheil bedeutende Mengen von Quarz in kenntlich ausgeſchiedenen Körnern. Wir wollen zunächſt die Verhältniſſe des Granites beſprechen, der ſich von den beiden anderen Geſteinen dieſer Gruppe durch Vieles unterſcheidet. Wir finden nämlich den Granit an vielen Orten ungeſchichtet und häufig andere Geſteine durchſetzend, ſo daß man jedenfalls Granite von verſchiedenem Alter annehmen muß. Er durchſetzt in Gängen älteren Granit, Gneiß, Thonſchiefer, Schichten des Steinkohlengebirges, der Juraformation, ja ſelbſt der Kreide in den Pyrenäen*); wir finden alſo bis zu den jüngſten Formationen herauf die Bildung von Granit, wenn auch nur local und ausnahmsweiſe, vor ſich gehen. Gerade dieſe Formen ſeines Auftretens — und wir wollen uns vor der Hand nur an dieſe Art des Vorkommens halten — haben nach und nach den Granit zu den plutoniſchen Erzeugniſſen zu rechnen die Geognoſten veranlaßt. Wir wollen hier nur eine Darſtellung eines ſolchen Ganges mittheilen, der am Cap Wrath nach Macculloch in dem dortigen Thonſchiefer auftritt und ſich auf das Mannichfachſte verzweigt.



Ebenſo hat man ſie aber auch in Kalkſteinen und andern Gebirgsarten veräſtelt angetroffen, in Schottland, in Schweden, in Nordamerika und überhaupt an ſo vielen Orten, „daß dieſe Camificationen der Granite gegenwärtig zu den ſehr gewöhnlichen Erſcheinungen gerechnet werden müſſen.“ (Naumann.) Oft enthalten ſie auch Bruchſtücke des Nebengeſteines eingeſchloſſen, ſind ſcharf gegen daſſelbe abgegrenzt und laſſen ſich auch da, wo ſie mit ihm verſchmolzen ſcheinen, durch einen Schlag mit dem Hammer gewöhnlich leicht von demſelben

*) Cfr. Naumann, a. a. O. II. p. 272—279.

lösen. Wer ein solches Vorkommen des Granites in Veräſtelungen durch andere Gesteine betrachtet, ohne auf die physikalischen Eigenschaften beider weiter Rücksicht zu nehmen, der wird ohne Zweifel den Schluß ziehen, daß die Granitmasse nach Entstehung des Nebengesteines in die Spalten desselben eingedrungen sei. Man hat nun aber gerade aus seinem physikalischen Verhalten gegen die Annahme, er sei in geschmolzenem Zustande von unten eingedrungen, verschiedene Einwände gemacht, auf die wir hier etwas näher eingehen wollen.

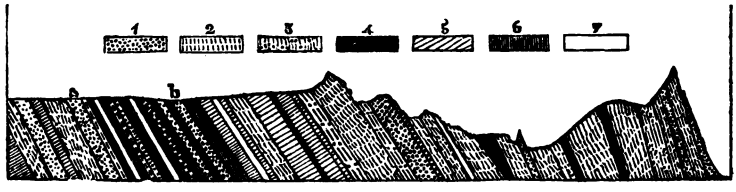
Der Granit enthält Feldspath, Quarz und Glimmer und zwar in innigem Gemenge. Sowohl das specifische Gewicht, als auch der Grad der Schmelzbarkeit dieser drei Mineralien ist sehr verschieden, und demnach heißt es, sei man zu erwarten berechtigt, daß der am schwersten schmelzbare Bestandtheil zuerst erstarrt sei und sich ausgeschieden habe, dann die beiden anderen. Nun sehe man aber häufig, daß gerade der am schwersten schmelzbare Quarz, der die höchste Temperatur zum Flüssigwerden brauche, Eindrücke von Feldspath zeige, daß also der weniger schwer schmelzbare Feldspath zuerst erstarrt sei; die Bestandtheile könnten also nicht wohl aus dem geschmolzenen Zustand in den festen übergegangen sein, sie könnten nicht wohl auf plutonischem Wege sich gebildet haben. Dieser Einwand, so berechtigt er auch erscheint, ist jedoch nicht so wohl begründet, als die glauben, welche ihn machen. Zunächst kann man dagegen erwiedern, was schon oft erwiedert worden ist, daß der Schmelzpunkt und der Erstarrungspunkt einer Substanz durchaus nicht ein und derselbe ist, daß ein fester Körper, wenn er eben zum Schmelzen gebracht ist, weit unter die Temperatur seines Schmelzpunktes gebracht werden kann, ohne wieder fest zu werden. Unser Wasser liefert uns den allerbesten Beweis dafür. Man kann dasselbe weit unter Null Grad erkälten, ohne daß es zu Eis wird, wenn man es ruhig stehen läßt, und doch wird es nie unter dieser Temperatur flüssig, sein Schmelzpunkt und sein Erstarrungspunkt sind also verschieden. Nach den Versuchen Gaudin's findet dieses auch für die Kieselsäure wirklich Statt, sie wird vor dem Erstarren zähflüssig und läßt sich wie Glas in Fäden ausziehen. Das Glas zeigt uns ebenfalls ein Beispiel, daß Körper, ohne geschmolzen zu sein, weich werden, wir können eine Glasröhre z. B. lange vor dem eigentlichen Schmelzen biegen

und zu Fäden ausziehen und mehr brauchen wir zur Erklärung der Erscheinung, daß Quarz Eindrücke von Feldspath zeigt, ebenfalls nicht anzunehmen. Wir finden ferner ganz gleiche Erscheinungen in den vor unsern Augen den jetzigen Vulkanen entquellenden Laven und in künstlichen Feuerproducten. Sehr deutliche Beispiele hiefür liefern die Leucitlaven. Der Leucit ist ein sehr schwer, vor dem Löthrohre ebenso wie der Quarz gänzlich unschmelzbares Mineral, der Augit dagegen ein vor dem Löthrohre ziemlich leicht schmelzbarer Körper. Diese beiden sehen wir aber in den Leucitlaven gerade so mit einander verbunden, wie den Quarz und den Feldspath in dem Granit, ja man trifft selbst säulenförmige Krystalle des leicht schmelzbaren Augites ganz umschlossen von den Krystallen des sehr schwer schmelzbaren Leucites*). Einen weiteren Beweis dafür, daß ein sehr strengflüssiger Körper sich aus einem Gemische krystallinisch ausscheiden könne, welches weit unter dem Schmelzpunkte dieses Körpers erhitzt ist, liefert uns aber das Roheisen, eine Verbindung von Eisen und Kohlenstoff, indem sich der für uns unschmelzbare Kohlenstoff als Graphit aus diesem Roheisen beim Schmelzen desselben in krystallinischen Blättchen ausscheidet **). Es kommt nämlich bei diesen Gesteinen und in den erwähnten Beispielen noch außer den gewöhnlichen physikalischen Agentien eine Kraft mit in das Spiel, deren Wirksamkeit überhaupt und besonders deren Verhältniß zu jenen uns noch größtentheils unbekannt ist, die sogenannte Krystallisationskraft. Wir müssen nicht glauben, daß der Granit im geschmolzenen Zustande ein Gemenge von geschmolzenem Feldspath, geschmolzenem Glimmer, geschmolzenem Quarze war, sondern vielmehr, daß derselbe eine homogene Mischung bildete, aus der sich nach und nach während der Erkaltung nach den Gesetzen der chemischen Verwandtschaften der Stoffe und nach den Krystallisationsgesetzen, welchen die einzelnen, in bestimmten Verhältnissen zusammentretenden Substanzen unterworfen waren, Feldspath und Glimmer aussonderten, und daß dadurch die in der homogenen Menge vorhandene überschüssige Kieselsäure ausgeschieden wurde, welche dann zu Quarz krystallisirte. Wir wissen, daß Quarz mit Basen, mit

*) Breislak, Lehrbuch der Geologie III. 288 u. 293.
**) Durocher, Compt. rend. t. XX. 1845, p. 1275.

welchen er eine chemische Verbindung eingehen kann, viel leichter zum Schmelzen zu bringen ist, als für sich allein. In dem Granite sind viele solche Basen vorhanden, und es ist daher die Annahme nicht gerade nöthig, daß die ganze Mischung jene Temperatur hatte, welche nöthig ist, um reinen Quarz zu schmelzen. Man hat auch häufig eingewandt, die Entstehung der feinen Granitverzweigungen sei nicht wohl möglich gewesen; wenn die Masse heißflüssig in diese dünnen Spalten wäre getrieben worden, die sich vielfach verästeln und verzweigen, so hätte sie viel früher an den kalten Wänden erstarren müssen. Doch kommen auch hier wieder Verhältnisse in Betracht, über die mit Sicherheit nicht wohl etwas zu ermitteln ist. Wir wissen erstlich durchaus nicht, mit welcher Heftigkeit und Schnelligkeit jene Granitmassen eingepreßt worden sind, welchen Grad der Flüssigkeit diese und ebenso nicht, welche Temperatur jene Wänden hatten. Was das Letztere betrifft, so kann dieselbe bedeutend erhöht worden sein, ehe die geschmolzene Masse eindrang, und was das Erstere anbelangt, so ist offenbar, daß die Einspritzung in jene feinen Verzweigungen bei einer sehr heftigen Gewalt und einem sehr bedeutenden Grade der Flüssigkeit der Masse mit großer Schnelligkeit vor sich gehen konnte. Wir finden ebenso bei Basaltmassen oft haarfeine Verzweigungen sich in das Nebengestein von den mächtigeren Gängen aus erstrecken [7]), so daß uns auch an den Graniten dasselbe nicht als etwas entgegentritt, was geradezu die Möglichkeit ausschlöße, daß sie geschmolzen eingedrungen seien, um so mehr, als eben auch in dieser Beziehung auf experimentellem Wege jene Verhältnisse des Flüssigbleibens, der Schnelligkeit des Eindringens u. s. f. nicht ermittelt werden können, welche vorher entschieden bekannt sein müßten, ehe man über die Möglichkeit der Bildung solcher Granitadern durch Eindringen geschmolzener Massen ein entschiedenes Ja oder Nein abgeben könnte [8]). Unter so bewandten Umständen müssen wir daher bei der jetzigen Sachlage und unseren jetzigen Kenntnissen die Möglichkeit der Bildung von Granitgängen auf heißflüssigem Wege, für die auch noch manche Einschlüsse sprechen [9]), wenigstens für einzelne Fälle zugeben; ob noch eine andere Möglichkeit ihrer Entstehung gedacht werden kann, und welche mehr Wahrscheinlichkeit habe, werden wir etwas später erörtern. Ganz anders verhält sich jedoch die Sache, wenn wir nach der Ent-

ſtehung jener bedeutenden, nicht gangförmig in weiter horizontaler Verbreitung auftretenden, geſchichteten Granit-, Gneiß- und Glimmerſchiefermaſſen fragen, die mit einander wechſeln, in einander übergehen, alle von gleichmäßiger Lagerung, oft auch Thonſchieferſchichten einſchließend, ſich zeigen und ſo eine beſtimmte, durchgängig feſtſtehende Altersfolge nicht erkennen laſſen. Dieſe treten an vielen Punkten der Erde unter ſolchen Umſtänden auf, daß wir die Annahme einer eruptiven Bildung derſelben entſchieden zurückweiſen, ſie in ihrem jetzigen Zuſtande als entſchieden wäſſrige Bildungen anſehen müſſen. Wir wollen nur ein ſolches Beiſpiel ſtatt vieler betrachten und wählen dazu das Vorkommen dieſer Gebilde in Braſilien, wo ſie ſämmtlich in einer Ausdehnung vorkommen, wie vielleicht nirgends ſonſt in der Welt, und ſo offen zu Tage liegen, daß ihre gegenſeitigen Verhältniſſe ſehr wohl ſtudirt werden können und größtentheils durch deutſche Naturforſcher, von denen wir nur von Eſchwege, von Martius, Pohl, von Helmreichen, Sellow nennen, gründlich unterſucht worden ſind.




1) Granit. 2) Gneiß. 3) Granitgneiß. 4) Grünſtein. 5) Syenit. 6) Thonſchiefer. 7) Itakolumit.

Die Figur giebt uns einen Durchſchnitt durch dieſe Gebilde, wie ſie von v. Eſchwege von Rio Janeiro bis zur Grenze von Goyaz in einer Breite von circa 100 geogr. Meilen verfolgt worden ſind. Man ſieht daraus den häufig ſich wiederholenden Wechſel dieſer Gebilde und das gleichförmige ihrer Lagerung auf das allerdeutlichſte. Unterſucht man dieſelben näher an einzelnen Localitäten, wie z. B. an der Meeresküſte, welche ſich in ihren ſchroffen Abhängen ſehr gut dazu eignet, ſo bemerkt man ſehr wohl auch die Uebergänge von Granit in Gneiß, von Gneiß in Glimmer- und Thonſchiefer, kurz, es iſt nicht möglich, dieſe Geſteine ihrer Bildung nach auseinander zu halten und zu trennen [10]).

Sehr characteristisch und mit der Annahme einer plutonischen Bildung durchaus unvereinbar sind gewisse Einschlüsse, welche im Granit, wie in den übrigen, ihm ähnlichen Gebilden häufig vorkommen, wozu hauptsächlich das Magneteisen gehört, welches oft in ungewöhnlicher Verbreitung und Menge in demselben enthalten ist, und nach dem pag. 403 Erörterten unmöglich gleichzeitig mit dem Quarz geschmolzen gewesen sein kann. Man hat wohl häufig angenommen, wo der Granit in solcher ungeheueren Ausdehnung vorkomme, da bilde er die erste Erstarrungskruste der Erdrinde, die bei dem Festwerden sich in Schichten abgesondert habe, und auf ihm hätten dann alle anderen Gebilde als auf ihrer gemeinschaftlichen Unterlage sich niedergeschlagen oder darüber hingegossen. Diese Annahme setzt voraus und ist nur unter der Voraussetzung richtig, daß der Granit wirklich überall das älteste Gebilde, daß er auf keinem anderen uns sichtbaren aufgelagert sei *). Diese Voraussetzung trifft aber nur an wenigen Punkten ein. Eben in Brasilien sehen wir, daß dieses nicht der Fall ist, daß die Granitbildung sich mehrmals wiederholte, wie sich in unserer Figur, besonders zwischen a und b, zeigt, wo Granit mit Gneiß, Itakolumit und Thonschiefer wechselt. Wenn man diesen Durchschnitt unbefangen betrachtet, so bleibt nur eine Annahme, die, daß alle diese Gebilde, welche in buntem Wechsel einander folgen, alle dieselbe Neigung haben, dasselbe Streichen und Fallen erkennen lassen, auch auf einerlei Weise entstanden sind. Entweder ist der Thonschiefer auch ein Erstarrungsproduct, wenn es der Granit ist, oder wenn es der Thonschiefer nicht ist, ist es auch der Granit nicht. Es wäre wahnwitzig, die Granitmassen hier als eruptive Bildungen ansehen zu wollen, wo sie mit einer Regelmäßigkeit in ihrer Lagerung und in ihrem Wechsel mit offenbar nicht eruptiven Schichten auf Tausende von □ Meilen sich verfolgen lassen, einer Regelmäßigkeit, wie sie an den entschiedensten wässrigen Gebilden nirgends deutlicher erkannt werden kann, und wie sie nirgends, auch nur in viel geringerem Maaßstabe, an einem wirklich eruptiven Gesteine je beobachtet worden ist. Was für den Granit

*) Man vergesse nicht, daß hier nur von der einen Art des Vorkommens von Granit, von dem älteren, in ausgedehnten Schichten auftretenden, die Rede ist, nicht von dem schon besprochenen jüngeren, für welchen das oben Gesagte nicht gilt.

und den mit ihm verwandten Syenit gilt, findet in noch höherem Grade ſeine Anwendung auf den Gneiß und den Glimmerſchiefer. Für den letzteren wird allgemein nicht mehr angenommen, daß er plutoniſchen Urſprungs ſei und aus einer geſchmolzenen Maſſe erſtarrend ſich ausgebildet habe, wohl aber geſchieht dies noch für den Gneiß einiger Localitäten. Es tritt nämlich auch dieſer hie und da unter Verhältniſſen auf, welche die Annahme aufkommen laſſen, daß auch dieſe Gneiße eruptive Bildungen ſeien. Man hat Gneißgänge, Verzweigungen von Gneiß in anderen Geſteinen, Einſchlüſſe von Trümmern dieſer in demſelben, mehr oder weniger bedeutende Schichtenſtörungen des Nebengeſteines durch ihn aufgeführt, welche für eine eruptive Bildung deſſelben ſprächen. Namentlich ſind es die Gneiße in den Alpen, welche höchſt eigenthümliche und räthſelhafte Erſcheinungen in ihren Lagerungen erkennen laſſen [11]). Wir haben für den Granit die Möglichkeit zugegeben, daß er in geſchmolzenem Zuſtande ſich über andere Geſteine ergoſſen habe und zwiſchen ſie eingedrungen ſei, wir können daher auch für den Gneiß die Möglichkeit einer ſolchen Bildung zugeſtehen. Wir haben aber für den Granit ſowohl wie für den Gneiß auch die entſchiedenſten Beweiſe, daß ſie auf anderem als plutoniſchem Wege entſtanden ſind, daß ſie an vielen Orten weder als die urſprüngliche Erſtarrungsrinde der Erde, noch als eruptive Maſſen angeſehen werden können. Wenn wir alſo eine doppelte Entſtehungsart als möglich zugeben, ſo fragt es ſich in jedem ſpeciellen Falle, von welcher Art die Erſcheinungen ſind, unter welchen jenes Geſtein auftritt, ob ſie uns zwingen, eine eruptive oder eine andere Bildungsweiſe für daſſelbe anzunehmen. Welche andere Bildungsweiſe iſt dieſes aber?

Wir ſind hier an dem Punkte angekommen, den wir füglich als einen Wendepunkt der neueren Geognoſie bezeichnen können, oder vielmehr als einen Wendepunkt für den Ultraplutonismus. Eine Umkehr von demſelben iſt bereits theilweiſe eingetreten und eben damit die Wiſſenſchaft in ein Uebergangsſtadium, deſſen weitere Folgen ſich nicht ermeſſen laſſen. Es hat ſich in dem Streit um die Geſteine zwiſchen Neptun und Pluto eine neue Parthei gebildet, die wir als die des Metamorphismus bezeichnen können, an deren Spitze der ſchon öfter erwähnte ausgezeichnete Chemiker und Geognoſt G. Biſchof ſteht. „Umwandlung der

Gesteine", das ist das große Zauberwort, mit dem alle Schwierigkeiten bei Erklärung des Vorkommens und der Entstehung der Gesteine sich beseitigen lassen sollen, und zwar Umwandlung durch Wasser. Es hat der Gründer dieser Parthei das nicht hoch genug anzuschlagende Verdienst, daß er die Aufmerksamkeit und die Bestrebungen der Geognosten auf die Erforschung von Verhältnissen und Vorgängen in den Gesteinen gerichtet hat, welche ohne Hypothesen sich klar und deutlich erkennen und theilweise selbst durch Experimente nachmachen lassen, und daß er dadurch angefangen hat, einen festen Grund und eine breite wissenschaftliche, auf bekannte Gesetze der Chemie und Physik sich stützende Basis herzustellen, auf welcher man sicher weiterbauen kann. Diese Erscheinungen und Vorgänge, deren Studium in Hinblick auf die Entstehung der Gesteine durch G. Bischof eine so vorragende Wichtigkeit gewonnen haben, sind diejenigen, welche das durch sie hindurchsickernde Wasser in diesen veranlaßt, die man zwar allgemein als „Umwandlungen", als „Metamorphosen" bezeichnet hat, in deren Gefolge aber auch ebenso häufig Neubildungen von Mineralien vorkommen.

Es ist eine unzweifelhafte Thatsache, daß alle Gesteine mehr oder weniger zerklüftet und porös sind, daß alle vom Wasser durchdrungen werden, und ebenso, daß keines der Einwirkung des Wassers absoluten Widerstand leisten kann. Sie werden mit der Zeit alle von demselben angegriffen, entweder bloß aufgelöst, oder theilweise zersetzt, und in einfachere Verbindungen zerlegt. Dazu kommt noch eine andere, in dieser Beziehung äußerst wichtige Eigenschaft des atmosphärischen Wassers, nämlich die, daß es eine Säure, Kohlensäure, und Sauerstoff zu seinen gewöhnlichsten Begleitern hat, welche die Einwirkung des reinen Wassers auf die Gesteine wesentlich erhöhen und modificiren. Wenn wir nun die Producte dieser Vorgänge vor uns sehen, die Umwandlungen der Gesteine verfolgen, so werden wir uns damit im Kleinen ein Bild der Processe im Großen verschaffen können. Wenn wir stellenweise das unveränderte ursprüngliche Gestein oder Mineral, dasselbe an einer anderen Stelle bereits mehr oder weniger verändert, und schließlich das Endproduct dieser durch das Wasser vermittelten Umwandlungsprocesse vor uns haben, so ist uns damit eben ein Anhaltspunkt gegeben, die Erscheinungen im Großen, an

ganzen Gebirgen zu erklären. Ehe wir aber die ſo gewonnenen Erfahrungen zur Erklärung der Entſtehung der Geſteine anwenden können, müſſen wir dieſelben etwas näher in's Auge faſſen. Wir laſſen daher noch unſere obige Frage über die andere Möglichkeit der Entſtehung des Granites, Gneißes und der übrigen Silicatgeſteine unerörtert, ebenſo wie die nach der Entſtehung der übrigen geſchichteten Gebilde und wollen im folgenden Kapitel zunächſt dieſe, ſowie die anderen Wirkungen des Waſſers betrachten.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum sechzehnten Kapitel.

[1]) zu S. 391. Als Hochofenprodukte hat man Feldspathkrystalle gefunden bei Sangerhausen (Poggendorff's Annalen Bd. XXXIII. p. 337), Augite in den Schlacken von Sahle, Olivin in Schlacken von Fahlun, Glimmer in alten Schlacken von Garpenberg, Magneteisen in Schlacken von Chatillon sur Seine ꝛc. C. v. Leonhard hat im 2. Theile seiner „Basaltgebilde" p. 484 u. f. f. die hierher gehörigen Facta gesammelt und neuerdings dieselben in einem besonderen Schriftchen „Hüttenerzeugnisse als Stützpunkte geologischer Hypothesen" in großer Anzahl bekannt gemacht.

[2]) zu S. 392. Früher war das Vorkommen der Hornblende in neueren Laven unbekannt; man fand sie zwar in Blasenräumen derselben als kleine, nadelförmige Krystalle, jedoch unter Umständen, welche die Annahme nicht ganz ausschlossen, sie möchten hier durch später einsickerndes Wasser entstanden sein. So suchte noch Bischof (a. a. O. II. 544 u. 863 ff.) die Bildung derselben zu erklären, indem er annahm, daß sie aus Augiten durch Umwandlung derselben entstanden seien. Scacchi fand aber nach der Eruption des Vesuves im Jahre 1850 in einem der am Vesuvgipfel zurückgebliebenen Kratere eine große Masse augitreicher Lava, die in Rissen und Spalten eine große Menge zum Theil sehr deutlicher, meßbarer Hornblendekrystalle enthielt. Er fand sie überhaupt sehr häufig in Höhlungen sehr neuer Vesuvlaven und zwar nur in solchen Höhlungen, nicht in der Masse der Lava selbst. (Leonhard und Bronn, Neue Jahrbücher für Mineralogie 1853 p. 257 ff. u. 654.) Hier an eine wässrige Umbildung des Augites in Hornblende zu denken, ist nicht möglich; schon die Kürze des Zeitraumes zwischen der Eruption und dem Auffinden der Hornblendekrystalle schließt jene Annahme vollkommen aus.

[3]) zu S. 394. Es verdient gewiß erwähnt zu werden, daß in den früheren Zeiten viele ausgezeichnete Geognosten nach Centralfrankreich reisten, die denjenigen verlacht hatten, welcher für den Basalt einen plutonistischen Ursprung annahm. Nicht einer ist von dort zurückgekehrt, welcher nicht ausgesprochen hätte, man müsse blind sein, wenn man für jene Gesteine noch einen anderen Ursprung annehmen wolle.

[4]) zu S. 401. Viele Wirkungen auf die Nebengesteine, welche man der Hitze jener eruptiven Massen zuschrieb, sind offenbar nicht durch dieselben erzeugt worden, sondern später durch Wasser, welches zwischen dem Nebengestein und den die Spalten in demselben ausfüllenden eruptiven Massen, nach der Abkühlung derselben, leichter hindurchdrang; theils durch die häufigeren Spalten, welche das Gestein in Folge der Eruption erlitten, theils durch den Zwischenraum, den das erkaltete und dadurch in seinem Volumen verringerte plutonische Gestein zwischen sich und seinem Nebengesteine verursachte, mußte es leichter und in größerer Menge circuliren, als früher, also auch stärkere Wirkungen äußern, als an anderen Stellen desselben Nebengesteines. Dabei ist auch noch der Umstand zu beachten, daß das Wasser nach der Eruption jener Massen in der Nähe derselben mit anderen Stoffen in Berührung kam, als früher, oder als an anderen Stellen des Nebengesteines, und dadurch ebenfalls andere Producte liefern mußte. G. Bischof hat durch Versuche gezeigt, daß eine geschmolzene Basaltmasse von einem Fuß im Durchmesser einen Raum von 2,6 Linien zwischen sich und dem Nebengesteine frei läßt, wenn sie erstarrt und erkaltet ist; derselbe hat auch von vielen der dem Basalte zugeschriebenen s. g. Contactwirkungen gezeigt, daß sie Wirkungen des einsickernden Wassers seien oder sein können (a. a. O. II. p. 751 ff.).

[5]) zu S. 402. Namentlich die sächsischen Porphyre sind in Beziehung auf ihre Lagerungsverhältnisse vielfach und genau untersucht und beschrieben worden. Eine der frühesten Arbeiten darüber ist von v. Beust: Geognostische Skizze des Porphyrgebirges zwischen Freiberg, Tharandt ꝛc. Ferner haben B. Cotta, Naumann u. A. über dieselben sehr interessante Mittheilungen gemacht. Ein instructives Beispiel hat neuerdings wieder Cotta in Leonhard's und Bronn's Neuen Jahrbüchern der Mineralogie ꝛc. 1852 p. 602 aus dem Erz-

gebirge bekannt gemacht. In der Nähe von Zschoppau durchsetzt ein circa 40 Fuß mächtiger Porphyrgang den Glimmerschiefer und enthält Fragmente von Glimmerschiefer, aber außerdem noch von Kalk und Granit, die beide in jener Gegend an der Oberfläche der Erde nicht vorkommen. Naumann hat die Verhältnisse der Porphyre in seinem Lehrbuche II. p. 661—710 sehr ausführlich besprochen.

6) zu S. 402. Auch die Porphyre zeigen hie und da, wie die Basalte, eine Absonderung in Säulen, was man ebenfalls als Beweis ihres plutonischen Ursprungs angeführt hat. Auch von ihnen werden außerdem noch mancherlei Wirkungen auf das Nebengestein, theils mechanischer, theils physikalischer Art aufgezählt, welche ihr Emporsteigen im heißen Zustande darthun sollen. Wir verweisen deswegen auf Naumann's Lehrbuch II. p. 693—699, wo namentlich auch die Wirkungen der Porphyre auf Steinkohlenlager, die durch sie zu Coaks umgebildet wurden, näher besprochen sind. Da die Porphyre viel älteren Ursprungs als die Basalte sind, so gilt für sie in noch viel höherem Grade, was über die Einwirkung einer eruptiven Masse auf ihr Nebengestein in Anmerkung 4 dieses Kapitels von den Basalten gesagt wurde.

7) zu S. 408. So beschreibt Macculloch einen bis 20 Fuß mächtigen Basaltgang von der Insel Hamersa bei North-Uist, der sich regellos aber sehr fein in das Nebengestein (Gneiß) verästelt. Faujas theilte schon vor langer Zeit die merkwürdigen Erscheinungen von Villeneuve de Berg im Vivarais mit, wo sich ein Basaltgang zwischen Kalksteinschichten verzweigt und oft in haarfeine Adern ausläuft. (Cfr. Naumann, a. a. O. II. p. 1134.)

8) zu S. 408. Sehr interessant sind die Versuche, die G. Bischof über das Eindringen geschmolzener Metalle in enge Kanäle von 2—3 Linien Weite angestellt hat. Er untersuchte in dieser Beziehung Zinn, Blei, Zink, und fand, je schwerer ein Metall schmelzbar war und je mehr geneigt der Kanal, in welchen es gegossen wurde, je schneller es also floß, desto länger war der Weg, den es zurücklegte. Erhitzte man die Metalle noch über ihren Schmelzpunkt, so wurde die Länge des in dem Kanale erstarrten Metallcylinders noch bedeutender. Bei einer Neigung des Kanales, der 4 Linien Breite, $2^1/_2$ Dicke hatte, floß das Metall 8 Fuß in demselben, ehe es erstarrte (a. a. O. II. p. 740 ꝛc.). Versuche mit geschmolzenen Gesteinen anzustellen, ist nicht wohl möglich. Es fehlen uns daher alle Anhaltspunkte, um berechnen zu können, wie weit solche geschmolzene Massen in anderen Gesteinen fortfließen können, aderförmig sich in ihnen verzweigen, ohne zu erstarren. Ebenso fehlen uns dieselben zur Berechnung aller jener Verhältnisse, welche von dem größten Einflusse für das Flüssigbleiben jener Massen sein mußten; wir wissen nichts von der Temperatur derselben, ob sie gerade zum Schmelzen gebracht oder über ihren Schmelzpunkt erhitzt waren, nichts über die Temperatur des Nebengesteines, die durch heiße Gase, welche in den erst später von den eruptiven Massen erfüllten Spalten sich befanden, möglicherweise bedeutend erhöht sein konnte (vor den vulkanischen Eruptionen, ehe die geschmolzenen Massen emporgedrungen sind, sehen wir manche hohe Vulkane auch äußerlich so erwärmt, daß ihre Schneebedeckung schmilzt). Wir wissen ebenso nichts über den Druck, welchem jene flüssigen Massen ausgesetzt waren. Wir sind daher durchaus nicht im Stande, mit Bestimmtheit zu sagen, die Basaltmasse, die Porphyrmasse u. s. f. konnte sich in Adern von dieser Dünne nicht weiter als bis zu dieser Länge ergießen, ohne fest zu werden. Es ist hier der Willkür des Einzelnen noch ein vollkommen freier Spielraum gelassen, und ein Streit über die Möglichkeit der Bildung feiner Basalt- oder Granitadern ist auf diesem Wege durchaus nicht im Allgemeinen zu entscheiden. Jeder specielle Fall wird nach Erwägung aller Erscheinungen und Verhältnisse doch wieder von dem Einen so von dem Andern anders beurtheilt werden können, und höchstens eine mehr oder weniger große Wahrscheinlichkeit oder Unwahrscheinlichkeit des Eindringens jener Massen im geschmolzenen Zustande wird sich dabei für diesen oder jenen herausstellen.

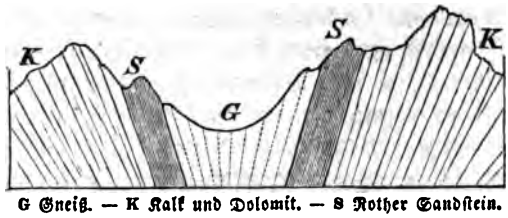
9) zu. S. 408. Zu diesen Einschlüssen gehört z. B. der Apatit, welcher aus phosphorsauerem Kalk besteht. G. Bischof hat durch Experimente darge-

than, daß dieses Mineral einen sehr deutlichen Beweis für die plutonische Bildung mancher krystallinischen Gesteine liefert. Es beruht derselbe auf dem verschiedenen Verhalten der Phosphorsäure und Kieselsäure zu den Basen, je nachdem sie in wässriger kalter Lösung oder in der Hitze mit ihnen zusammengebracht werden. Bei gewöhnlicher Temperatur im Wasser ist die Kieselsäure eine sehr schwache, die Phosphorsäure eine sehr starke Säure, die Kalkerde eine schwächere, Natron und Kali sehr starke Basen. Bringt man daher in wässriger Lösung Kieselsäure, Phosphorsäure, Kalk und Natron zusammen, so verbinden sich die stärkere Säure und die stärkere Basis mit einander, und die schwächere Säure muß mit der schwächeren Basis zusammentreten, es bildet sich phosphorsaures Natron und kieselsaurer Kalk. In der Hitze ist dieses aber anders, hier wird die Kieselsäure zu einer sehr starken Säure; bringt man Kieselsäure, Phosphorsäure, Natron und Kalkerde in geschmolzenem heißen Zustande zusammen, so bemächtigt sich die Kieselsäure des Natrons, es bildet sich kieselsaures Natron und phosphorsaurer Kalk. Finden wir daher in einem Silicatgesteine neben kieselsaurem Natron oder Kali, wie es z. B. in den Feldspatharten enthalten ist, Apatit, d. h. phosphorsauren Kalk, so können diese nicht gleichzeitig auf nassem Wege sich gebildet haben. „Diese Verhältnisse zählen wir zu den bündigsten Beweisen für die Bildung der apatithaltigen krystallinischen Gesteine auf feuerflüssigem Wege" sagt G. Bischof am Schlusse der Mittheilung seiner Versuche über diesen Gegenstand, gegen die von Seite der Chemie kein Einwand erhoben werden kann. (G. Bischof, a. a. O. p. 710—717.)

[10]) zu S. 409. Wir wollen hier einige Stellen aus v. Eschwege, „Beiträge zur Gebirgskunde Brasilien's", mittheilen, welche zur näheren Begründung des im Texte Mitgetheilten dienen. Derselbe sagt p. 3: „Eine regelmäßige Reihenfolge der verschiedenen Auf- oder richtiger Nebenlagerungen der verschiedenen Glieder dieser Urbildungen (Granit, Gneiß, Glimmerschiefer, Syenit ꝛc.) ist... nicht gut auszufinden; indessen fernere Beobachtungen, an der Küste besonders, haben mich überzeugt, daß die Natur hierinnen keine gewissen Regeln befolgt hat, denn bald lagern Gneiß, bald Glimmerschiefer, bald Syenit neben dem Granit, nebst allen Abänderungen des Granitgneißes, des Gneißgranits, sowie des Gneißes und Glimmerschiefers, jedoch spielt der Glimmerschiefer fast nur immer eine äußerst untergeordnete Rolle" u. s. f. Es scheine zwar, als sei der Glimmerschiefer scharf von dem Granit getrennt; „indessen muß man hieran dennoch bei der Beobachtung von Granitfelsen zweifeln, in denen mitten innen und ganz umgeben von Granit, ein vollkommen reiner schwarzer Glimmerschiefer, frei von aller Beimengung liegt und ohne Absonderung auf seinen Grenzen innigst mit dem Granit verbunden und verwachsen ist; oder auch umgekehrt, indem man mitten in dem Glimmerschiefer und von demselben umgeben, sowohl große als kleinere Granitlager findet, so daß man beide Gebirgsglieder nicht anders, als gleichzeitig entstanden, betrachten kann" (p. 4). „Von den andern Gliedern dieser Formation findet man sie zuweilen an einem Orte scharf von einander getrennt, an andern Orten verschmelzen sie so in einander, daß durchaus keine Grenzlinie zwischen denselben zu ziehen ist, ja selbst dieses Ineinanderschmelzen von einer Gebirgsart in die andere scheint sogar auch auf ihren Streichungslinien, sowie auch den aufsteigenden oder abfallenden Schichten nach Statt zu finden. Z. B., man verfolge die Richtung oder Neigung einer Gneißschicht und man wird hin und wieder finden, daß sie ein verschiedenartiges Gewebe des Korns annimmt, daß das Flasrige sich verliert, das Körnigverwirrte immer mehr hervortritt, und auf die Art ein vollkommener Uebergang aus dem Gneiß in Granit, aus dem Granit in Syenit, aus dem Syenit in Hornblendegestein u. s. w. Statt findet; oder auch das Flasrige wird immer schiefriger, das Körnige verliert sich ganz und Glimmerschiefer, Grünsteinschiefer und endlich Thonschiefer treten an die Stelle auf einer und derselben fortlaufenden oder aufsteigenden oder abfallenden Schicht." — Zum Schlusse der Beschreibung jenes Querdurchschnittes von Rio Janeiro gegen Goyaz zu, sagt v. Eschwege (p. 108): aus allen seinen Beobachtungen gehe hervor, daß die-

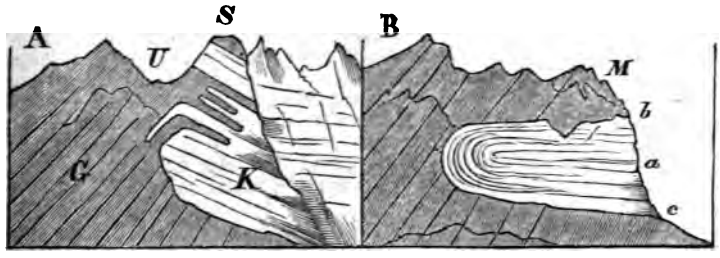
selben alle ein und dieselbe Richtung des Fallens und Streichens haben und durch ihre starke Neigung wie neben einander gestellt erscheinen. „Ferner geht daraus hervor, daß in dieser Erstreckung des Querdurchschnitts der Gebirgsarten die Urgebirgsarten gegen 50mal unter einander Hauptabwechselungen machen und als Hauptgebirgsarten hervortreten, ungerechnet die minder beträchtlichen und unzähligen Wiederholungen und Abwechselungen dieser Gebirgsarten wieder unter sich, so daß ein und dieselben Gebirgsarten bald als untergeordnet, bald als Hauptgebirgsarten erscheinen. Wie wäre wohl noch möglich, bei einer Masse, die über hundert Meilen dick ist, sich eine Erhebung oder Einsenkung von ursprünglich horizontal gebildeten Schichten zu denken? Es wäre wider die gesunde Vernunft, diese Idee nach den beobachteten Factas noch beibehalten zu wollen" (p. 47). Ebenso zeigt auch ein Blick auf die Figur die Unregelmäßigkeit der Aufeinanderfolge, und des Wechsels dieser verschiedenen Bildungen, so daß auch nicht einmal die Zuflucht übrig bleibt, es möchten hier ungeheuere Faltungen Statt gefunden haben. Wir glauben, so lange nicht nachgewiesen ist, daß v. Eschwege's Beobachtungen unrichtig sind, und keiner der späteren Reisenden hat bis jetzt denselben widersprochen, wird man die von ihm mitgetheilten Verhältnisse, unter welchen jene Gesteine auftreten, wohl nie erklären können als wenn man eine wässerige Bildung für sie alle annimmt. — In ähnlicher Weise zeigen sich dieselben Gebilde in Skandinavien. Keilhau macht dieselben Bemerkungen über das Nebeneinandergestelltsein der verschiedenen Gebilde, ihre starke Neigung, ihre Uebergänge in einander selbst im Verlaufe ein und derselben Schichte; das Regellose in der Aufeinanderfolge der verschiedenen Gesteine. (Keilhau, Gaea Norvegica I. p. 373 etc.)

11) zu S. 411. Während derartige Verhältnisse für den Granit zu den häufigen Erscheinungen gehören, sind sie für den Gneiß äußerst selten beobachtet worden. Einen Fall von Gangbildung des Gneißes beschreibt z. B. A. v. Humboldt aus der Gegend von Antimano in Venezuela; dort wird der Glimmerschiefer von 36—48 Fuß mächtigen Gneißgängen, welche sich durch ihre großen Feldspathkrystalle auszeichnen, durchsetzt. Cotta hat Bruchstücke von Grauwackenschiefer in dem Gneiße des Goldberges von Goldkronach eingeschlossen gefunden. Alle die hier nur berührten Verhältnisse des Gneißes finden sich ausführlicher in Naumann's Lehrbuch II. p. 178 ff. erörtert. Höchst räthselhaft sind die Erscheinungen des Gneißes in den Alpen, wie denn überhaupt die Verhältnisse und der Bau dieses Gebirges zu den verwickeltsten und schwierigsten gehören, welche man bis jetzt angetroffen hat, man mag nun auf neptunistischem oder plutonistischem Standpunkte stehen. So bemerkt man gerade an den mächtigsten Massen derselben eine fächerartige Stellung sowohl der Gneißschichten als der neben demselben sich befindenden Gebilde, wie die folgende Figur ein Beispiel erkennen läßt, die links die Raveschkette, in der




G Gneiß. — K Kalk und Dolomit. — S Rother Sandstein.

Mitte Val Tuors und rechts die Albulakette darstellt. Ebenso eigenthümlich und wunderbar sind die Verbindungen und die gegenseitige Begrenzung von Gneiß und Kalksteinen in den Alpen, wovon wir hier ebenfalls zwei Beispiele nach Studer mittheilen, der sich vorzugsweise mit dem Studium dieser räthselhaften




Erſcheinungen beſchäftigt hat. In der Figur A, den Urbachſattel (U) darſtellend, ſieht man den Gneiß (G) keilförmig in den Kalk (K) eingreifen. Die Schichtung beider Geſteine ſchneidet ſich unter ſehr ſtarken Winkeln, der eine der abgebrochenen Kalkkeile folgt der Schieferung des Gneißes; Ammoniten und Belemniten finden ſich wohlerhalten in dem Kalke, ganz nahe dem Gneiß, der ſelbſt keine Spur von Verſteinerungen enthält. In der Figur B, den Mettenberg (M) darſtellend, iſt eine ganze Reihe von Kalkſchichten dergeſtalt umgebogen, daß von a aus nach b und c ſich genau dieſelben Schichten, aber in umgekehrter Lagerung, folgen; die Gneißſchichten ſelbſt fallen in ungeſtörter Ordnung unter 45° gegen Süden. „Eine naturgemäße Erklärung dieſer und ähnlicher Erſcheinungen der Alpenwelt dürfte wohl nur in großartigen Hebungen, Verſchiebungen und Ueberſtürzungen zu finden ſein, welche den Gneiß und das ihm aufgelagerte Kalkſteingebirge zu einer Zeit betrafen, da der Kalkſtein noch hinreichende Biegſamkeit und Weichheit beſaß, um ein ſolches Ueberſchlagen ſeiner Schichten, wie am Mettenberge, oder eine ſolche Eintreibung der keilförmig zerſplitterten Gneißmaſſe, wie am Stellihorne (S), zu geſtatten.“ (Studer, Lehrbuch der phyſikaliſchen Geographie II. p. 157 ꝛc.)

# Siebenzehntes Kapitel.

Die atmosphärischen Niederschläge. Zweierlei Wirkung des Wassers auf die Erdrinde: 1) Mechanisch von Bächen, Flüssen und dem Meere ausgeübt. Deltabildung. Meeresströme. 2) Chemisch, auflösend und zersetzend. Betrachtung der Circulation des Wassers in den Gesteinen. Entstehung der wässerigen Gebilde, der Quarzgesteine, Kalksteine, Dolomite, des Gypses, Steinsalzes, der Thone und Thonschiefer. Die s. g. „metamorphischen Gebilde", Glimmerschiefer, Gneiß ꝛc. Eine metamorphische Bildung dieser, sowie anderer krystallinischer Silicatgesteine ist unwahrscheinlich.

Wir haben schon einige Male erwähnt, daß das Wasser die Eigenschaft habe, sich in Gasform zu verwandeln, zu verdampfen, und daß die Menge des Wasserdampfes für einen bestimmten Raum sich nach der Temperatur desselben richte. Enthält derselbe soviel von jenem, als er seiner Temperatur nach aufzunehmen vermag, ist derselbe mit Wasserdampf „gesättigt", so hat eine Verminderung der Wärme augenblicklich eine theilweise Verdichtung des Dampfes zu flüssigem Wasser zur Folge, es entsteht ein wässeriger Niederschlag und zwar so lange, bis die Menge von jenem ebenso groß ist, als der Raum bei der niedrigeren Temperatur aufgelöst zu halten vermag. Auf der Erde befindet sich nun allerorts Wasser, welches verdunstet, die Luft enthält daher auch überall Wasserdampf, aber nach den großen Temperaturdifferenzen, welche auf ihr herrschen, ist auch in Beziehung auf den Feuchtigkeitsgrad der Luft ein sehr großer Unterschied. Wir haben im VII. Kap. p. 148 erklärt, wie eine fortwährende kreisförmige Strömung im Meere durch die ungleiche Temperatur desselben bedingt werde. In noch viel höherem Grade findet eine solche in dem Luftmeere Statt, die uns in den Winden bemerklich wird. Man wird nun leicht begreifen, wie in Folge dieser Luftströmungen wässerige Niederschläge aus der Atmosphäre veranlaßt

werden, indem die feuchte warme Aequatorialluft auf ihrem Zuge in der Höhe gegen die Pole zu sich immer mehr und mehr abkühlt, oder auch die kältere Polarluft, mit jener zusammentreffend, denselben Effect hervorruft. In beiden Fällen wird es je nach dem Feuchtigkeitsgrade der Aequatorialluft und der erlittenen Temperaturverringerung derselben zu einer mehr oder weniger bedeutenden Verminderung des Sättigungsgrades der Luft kommen, und in Folge dessen zu einer Verdichtung von größeren oder geringeren Quantitäten des Wasserdampfes zu Thau, Regen, Schnee u. s. f. Die Menge des atmosphärischen Niederschlages ist eine äußerst wechselnde, nicht nur von der geographischen Breite abhängig, sondern von mancherlei localen Einflüssen, von den Reliefverhältnissen des Landes, von dem Verhältnisse des Festlandes und des Meeres, von der physikalischen Beschaffenheit des Bodens und dergleichen mehr oder weniger bedingt [1]). Im Allgemeinen nimmt jedoch die Feuchtigkeit der Luft und die jährliche Regenmenge von dem Aequator nach den Polen zu ab. In den Tropengegenden der neuen Welt beträgt die letztere durchschnittlich 108 Pariser Zoll, d. h. das Regenwasser eines ganzen Jahres würde, über den Boden jener Gegenden ausgebreitet, denselben gerade 108 Pariser Zoll, das ist also 9 Fuß tief bedecken. In Deutschland beträgt dieselbe durchschnittlich etwa 22 Zoll. Das Maximum der jährlichen Regenmenge wurde an der indischen Westküste südlich von Bombay in Mahabaleshwar unter 18° nördlicher Breite beobachtet, wo sie eine Höhe von 283½ Zoll, also 23½ Fuß, erreichte [2]).

Wenn Wasser verdampft, so läßt es, wie viele alltägliche Erfahrungen lehren, die fremden, in ihm aufgelösten festen Bestandtheile zurück, verdichteter Wasserdampf ist daher reines Wasser, und dieses gilt auch für unsere, aus der atmosphärischen Feuchtigkeit sich bildenden Niederschläge, Thau, Regen und Schnee [3]). Dagegen hat es die Eigenschaft, mit verschiedenen gasigen Körpern, welche sich in der Luft befinden, sich zu vereinigen, und je nach der Temperatur, denen das Wasser ausgesetzt ist, in größerer oder geringerer Menge dieselben festzuhalten. Jedermann weiß, daß Brunnen-, Quell- oder Regenwasser schon beim Stehen in einem wärmeren Raume nach einiger Zeit kleine Bläschen an den Wänden des Gefäßes wahrnehmen läßt, und ebenso, daß beim Erhitzen desselben, ehe das Kochen beginnt, sich eine große Menge von

Luftblasen entwickeln. Das Wasser kann diese Gase nämlich nur bei geringerer Temperatur aufgelöst erhalten, bei Siedhitze entweichen dieselben sämmtlich. Läßt man gekochtes Wasser aber wieder längere Zeit stehen, so nimmt es allmählich wieder Luft auf. Man findet daher in unseren Quellen und Flüsse die sämmtlichen in der Atmosphäre vorhandenen Gasarten, also Stickstoff, Sauerstoff und Kohlensäure, und namentlich von letzterer kann das kalte Wasser bedeutende Mengen aufgelöst enthalten. Bei gewöhnlicher Temperatur und gewöhnlichem Luftdrucke nimmt ein Kubikfuß Wasser 1,06 Kubikfuß Kohlensäure auf. Steigt der Druck, dem das Wasser ausgesetzt ist, so wächst sein Vermögen, Kohlensäure aufzunehmen, jedoch nicht in geradem Verhältnisse mit dem Drucke; nach Couerbe nimmt bei siebenfachem Drucke das Wasser nur 5 mal mehr auf, als bei dem einfachen*). Verringert sich dagegen der Druck, so entweicht die Kohlensäure rasch in Blasen, wie man dies an vielen Mineralquellen deutlich erkennen kann[4]). Kommen daher die atmosphärischen Wasser auf ihrem Wege durch die Spalten der Erdrinde mit Kohlensäure in Berührung, so wird die geringe Menge derselben, welche jene aus der Atmosphäre mitbringen, oft bedeutend vermehrt und ihre zersetzende Einwirkung auf die Gesteine dadurch sehr erhöht.

Wir haben schon pag. 2 erwähnt, daß uns alltägliche Beobachtungen eine doppelte Wirkung des auf der Erde kreisenden Wassers erkennen ließen, nämlich eine mechanische, welche nur durch die Bewegung des Wassers erzeugt wird, und in allen ihren Stadien uns sichtbar ist, und eine dynamische, durch die chemischen Eigenschaften des Wassers bedingte, welche uns nur in ihren Endresultaten erkennbar wird. Sie sind in der Wirklichkeit nicht getrennt, d. h. neben der mechanischen ist immer zugleich die chemische Thätigkeit des Wassers mit im Spiele; doch wollen wir sie beide getrennt betrachten.

Die mechanische Wirkung des Wassers ist wieder eine doppelte, je nachdem es flüssig oder fest, Eis, ist. Die des letzteren werden wir später für sich betrachten, da sie nur für bestimmte Orte und Zeiten, durch die Gletscherbildung, eine besondere Bedeutung erlangt hat. Die Einwirkung des flüssigen Wassers ist

*) Bischof, Lehrbuch der physikalischen und chemischen Geologie I. p. 266 ꝛc.

eine einfache Folge seiner Bewegung und richtet sich nach den allgemein gültigen physikalischen Gesetzen über die Mittheilung der Bewegung von einem bewegten Körper an einen ruhenden, sich ihm entgegenstellenden. Sie wird daher hauptsächlich bestimmt einestheils durch die Massen des Bewegten und Unbewegten, anderntheils durch die Schnelligkeit der Bewegung. Welcher Unterschied, welche Abstufungen finden sich aber in dieser Beziehung nicht in der Natur, von dem am Abhange herabrieselnden Regen zu dem über Felsenwände niederdonnernden Wasserfall, von der anmuthig sich kräuselnden Welle des kleinen Sees bis zu der berghohen, tosenden Brandung des unermeßlichen Oceans? Und doch folgen sie alle denselben Gesetzen, arbeiten alle auf ein und dasselbe Ziel hin, und dieses gemeinschaftliche Ziel ist eine Verminderung und endliche Aufhebung der Unebenheiten der Erdoberfläche. Alle wirken im Gegensatze zu den vulkanischen Kräften nivellirend auf diese ein. Die Wassermassen, welche unsichtbar in Wasserdampf dem Meere entstiegen, sich verdichtend als Regen, Thau oder Schnee auf die Berge fallen, rollen Theile derselben als feinen Staub, Sand oder Steine mit sich fort aus der Höhe in das Thal, aus dem Thal in das Meer, wo sie dann durch die Wellen und die Meeresströmungen über den Grund desselben ausgebreitet werden. In gleicher Weise arbeitet auch das Meer selbst an seinen Ufern, indem es fortwährend durch den Wellenschlag Massen von dem Festlande lostrennt, die dann ebenfalls auf den Grund des Meeres sinken, und je nach ihrer größeren oder geringeren Feinheit mehr oder weniger weit um die Küsten herum vertheilt werden. Es wird also durch die Bewegung des Wassers eine stete Ortsveränderung der festen Massen hervorgerufen und zwar, da das Wasser sich stets von der Höhe nach der Tiefe zu bewegt, eine Versetzung jener von höheren an niedrigere Orte. Diese Wanderung der Massen erscheint manchmal als eine Vergrößerung des Festlandes, wenn sich dieselben an den Mündungen der Flüsse bei der sogenannten Deltabildung anhäufen, in der That erleidet aber auch durch diese das Volumen, die mittlere Höhe der Continente, einen steten Abbruch und verringert sich immer mehr, da auch in diesem Falle eine bedeutende Menge des von dem Flusse herbeigeschwemmten Materiales unter die Meeresfläche sinkt,

ehe die folgenden Massen sich auf jener über das Wasser erheben können.

Es würde zu weit führen, wollten wir alle diese Wirkungen des bewegten flüssigen Elementes in ihren mancherlei Abstufungen ausführlich betrachten, und die historisch nachweisbaren Veränderungen der Erdoberfläche durch dieselben auch nur theilweise beschreiben. Wir begnügen uns hier mit einigen allgemeinen Bemerkungen über die Wirkungen der Flüsse und die des Meeres, die wir durch etliche Beispiele deutlicher zu machen suchen werden.

Wenn wir während oder kurz nach einem Regen an dem Fuße eines Hügels hingehen, der wenig bewachsen und von lockeren Massen gebildet ist, so bemerken wir sehr deutlich, wie die Regentropfen sich auf dem Boden zu kleinen Strömchen vereinigen, rasch den Abhang hinabgleiten, sich dabei in das Erdreich einwühlen und so kleine Rinnen bilden. Verfolgen wir diese Rinnen, so sehen wir, wie sie immer tiefer und breiter werden, wie mehrere derselben, sich vereinigend, noch weiter hin auf dem ebenen Boden mannichfach gewunden sich erstrecken, bis sie sich unten in der Ebene in einer Lache verlieren, welche von dem Wasser einer größeren Anzahl solcher Rinnen gebildet wird. Hört der Regen auf, so bemerken wir, daß das gröbere Material, kleine Steinchen und der gröbere Sand, am Fuße des Abhanges liegen geblieben ist, daß nur die feineren Bestandtheile, der leichtere Sand und die Lehmtheilchen, noch weiter verfolgt werden können, und daß sie eine mehr oder weniger fächerartige Ausbreitung in jener Lache gebildet haben, welche je nach der Neigung des Bodens und der Feinheit des eingeschwemmten Materials eine verschiedene Ausdehnung erlangte.

Ganz dieselben Erscheinungen nun bieten unsere Flüsse im Großen dar. Auch sie reißen in dem oberen Theile ihres Laufes große Massen von Blöcken und Steinen mit sich fort, wobei sich dieselben immer mehr an einander abrunden und verkleinern, und lassen sie liegen, wenn mit der geringer werdenden Neigung ihres Bettes die Schnelligkeit, und mit der Verminderung des Wasserstandes im Sommer und Winter die Masse des bewegenden Elementes abnimmt. Sowie sie ihren Oberlauf verlassen haben, trifft man selten noch größere Steine in den Flüssen an, zuletzt finden sich in dem sanft geneigten Bette des Unterlaufes nur noch feine Schlammmassen oder staubartige Sandkörnchen vor. Ist endlich

der Strom in das Meer gelangt, so sinken nach und nach alle festen Beständtheile zu Boden, was jedoch oft außerordentlich langsam von Statten geht, so daß das Material der Flüsse oft auf unglaublich große Strecken verbreitet wird. Diese Verhältnisse des mechanischen Forttragens von festen Massen wechseln aber je nach dem Wasserstande eines Flusses, nach der Bodenbeschaffenheit seiner Ufer, nach dem Verhältnisse der Länge des Oberlaufes zu dem Mittel- und Unterlaufe in sehr bedeutendem Maaße, wie überhaupt eine Menge von modificirenden Einflüssen Statt finden [5]).

Welche Wirkung diese mechanische Thätigkeit eines Stromes in einem Zeitraume von Jahrhunderten sowohl auf seinen ganzen Lauf, als auch auf seine Mündung ausübe, dafür liefern uns diejenigen Ströme, an deren Gestaden seit den Anfängen der Geschichte Culturvölker wohnten, die besten Beweismittel, indem ihre allmählichen Veränderungen uns aus vielfachen, zu verschiedenen Zeiten niedergelegten Beschreibungen oder gelegentlichen Angaben nachweisbar sind. Hier müssen vor Allem die s. g. Deltas der großen Ströme erwähnt werden. Es sind dieselben fächerartigen Bildungen, wie wir sie an dem Abhange eines jeden Hügels nach Regengüssen antreffen, die in ähnlicher Weise an den Mündungen der Ströme immer weiter und weiter in das Meer hinaus gebaut werden und aus den schichtenweise abgesetzten lockeren Massen bestehen, welche der Fluß namentlich zur Zeit der jährlichen Ueberschwemmungen in erstaunlichen Massen bis in das Meer fortschafft. Es haben diese Deltas meist eine dreieckige, dem griechischen Buchstaben Delta (Δ) gleichende Gestalt, deren Spitze dem Lande, deren Basis dem Meere zugekehrt ist. Alljährlich werden sie bei den großen Ueberschwemmungen wieder unter Wasser gesetzt, von vielen Kanälen durchschnitten, welche der Fluß durch dieselben bald da, bald dort oft netzartig hindurchreißt, wenn die Hand des Menschen die Wasser nicht auf bestimmte Arme zu beschränken sucht. Nicht alle Flüsse bauen Deltas, aber alle führen Sand und Schlamm in das Meer. Ist nämlich das letztere an der Einmündungsstelle eines Stromes sehr bewegt, oder geht gar ein Meeresstrom an derselben vorbei, so werden die von jenem hergeführten Schlammmassen weithin über den Meeresgrund vertheilt und sie können zu keiner Deltabildung Veranlassung geben. Wir treffen diese daher hauptsächlich in Meerbuchten oder an

Flüssen, welche durch vorliegende Inseln und Landzungen vor dem Wellenschlage des Meeres oder seinen Strömungen geschützt bleiben. Der Nil, der Ganges, der Mississippi haben ungeheuere Deltas, dem Amazonenstrom, dem Plata fehlen sie; bei diesen beiden verhindern an ihren Mündungen vorbeiziehende Meeresströme die Entstehung derselben. Schon Herodot nannte Aegypten ein Geschenk des Nils, und das ist es in der That, und zwar ein sehr bedeutendes, denn gegenwärtig hat das eigentliche Delta einen Flächeninhalt von 400 geogr. □ Meilen. Noch größer ist das Delta des Ganges, nämlich über 800 geogr. □ Meilen, dessen Spitze gegenwärtig circa 50 geogr. Meilen von dem Meere entfernt beginnt. Man kann aus der Bildung solcher großen Landmassen einen Schluß auf die ungeheueren Quantitäten erdiger Bestandtheile ziehen, welche jährlich durch die Flüsse in das Meer geführt werden. Man hat ihre Menge sehr verschieden geschätzt, je nachdem man verschiedene Flüsse bei der Berechnung zu Grunde legte. Eine der genauesten hat Everest an dem Ganges angestellt. Er fand, daß die mechanisch fortgeführten Massen während der Regenzeit dem Gewichte nach $^1/_{428}$, dem Volumen nach aber $^1/_{856}$ der Wassermasse ausmachten. Für die 122 Regentage allein betrügen dieselben 6082 Millionen Kubikfuß, im ganzen Jahre 6368 Millionen Kubikfuß *). Es würde diese Menge zu 60 Pyramiden, gleich der größten ägyptischen, hinreichen, oder über eine Fläche von 4 geogr. Meilen Länge und 3 geogr. Meilen Breite eine Schichte von 1 Fuß Dicke bilden. Nach Manfredi würde das von den Flüssen in 1000 Jahren in das Meer geschwemmte Material hinreichen, den ganzen Meeresgrund um einen Fuß zu erhöhen [6]).

Durch dieses fortwährende Wegreißen und Wiederfallenlassen von Schutt- und Sandmassen ändert sich aber das Bette des Flusses selbst unaufhörlich, indem die Neigung seines Grundes beständig eine andere wird, wodurch wiederum die Schnelligkeit seiner Strömung modificirt werden muß. Im Allgemeinen besteht diese Aenderung in einer Erhöhung des Flußbettes, indem fortwährend von den höheren Punkten herabgerollte Massen an den tieferen liegen bleiben. Sind die Ufer nicht hoch, ist der Strom sich selbst überlassen, so steigt sein Niveau dadurch allmählich, er

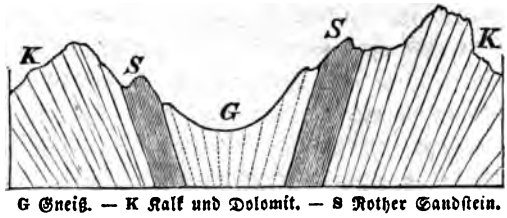
*) Lyell, a. a. O. II. p. 148 ꝛc.

than, daß dieses Mineral einen sehr deutlichen Beweis für die plutonische Bildung mancher krystallinischen Gesteine liefert. Es beruht derselbe auf dem verschiedenen Verhalten der Phosphorsäure und Kieselsäure zu den Basen, je nachdem sie in wässriger kalter Lösung oder in der Hitze mit ihnen zusammengebracht werden. Bei gewöhnlicher Temperatur im Wasser ist die Kieselsäure eine sehr schwache, die Phosphorsäure eine sehr starke Säure, die Kalkerde eine schwächere, Natron und Kali sehr starke Basen. Bringt man daher in wässriger Lösung Kieselsäure, Phosphorsäure, Kalk und Natron zusammen, so verbinden sich die stärkere Säure und die stärkere Basis mit einander, und die schwächere Säure muß mit der schwächeren Basis zusammentreten, es bildet sich phosphorsaures Natron und kieselsaurer Kalk. In der Hitze ist dieses aber anders, hier wird die Kieselsäure zu einer sehr starken Säure; bringt man Kieselsäure, Phosphorsäure, Natron und Kalkerde in geschmolzenem heißen Zustande zusammen, so bemächtigt sich die Kieselsäure des Natrons, es bildet sich kieselsaures Natron und phosphorsaurer Kalk. Finden wir daher in einem Silicatgesteine neben kieselsaurem Natron oder Kali, wie es z. B. in den Feldspatharten enthalten ist, Apatit, d. h. phosphorsauren Kalk, so können diese nicht gleichzeitig auf nassem Wege sich gebildet haben. „Diese Verhältnisse zählen wir zu den bündigsten Beweisen für die Bildung der apatithaltigen krystallinischen Gesteine auf feuerflüssigem Wege" sagt G. Bischof am Schlusse der Mittheilung seiner Versuche über diesen Gegenstand, gegen die von Seite der Chemie kein Einwand erhoben werden kann. (G. Bischof, a. a. O. p. 710—717.)

10) zu S. 409. Wir wollen hier einige Stellen aus v. Eschwege, „Beiträge zur Gebirgskunde Brasilien's", mittheilen, welche zur näheren Begründung des im Texte Mitgetheilten dienen. Derselbe sagt p. 3: „Eine regelmäßige Reihenfolge der verschiedenen Auf- oder richtiger Nebenlagerungen der verschiedenen Glieder dieser Urbildungen (Granit, Gneiß, Glimmerschiefer, Syenit ꝛc.) ist... nicht gut auszufinden; indessen fernere Beobachtungen, an der Küste besonders, haben mich überzeugt, daß die Natur hierinnen keine gewissen Regeln befolgt hat, denn bald lagern Gneiß, bald Glimmerschiefer, bald Syenit neben dem Granit, nebst allen Abänderungen des Granitgneißes, des Gneißgranits, sowie des Gneißes und Glimmerschiefers, jedoch spielt der Glimmerschiefer fast nur immer eine äußerst untergeordnete Rolle" u. s. f. Es scheine zwar, als sei der Glimmerschiefer scharf von dem Granit getrennt; „indessen muß man hieran dennoch bei der Beobachtung von Granitfelsen zweifeln, in denen mitten innen und ganz umgeben von Granit, ein vollkommen reiner schwarzer Glimmerschiefer, frei von aller Beimengung liegt und ohne Absonderung auf seinen Grenzen innigst mit dem Granit verbunden und verwachsen ist; oder auch umgekehrt, indem man mitten in dem Glimmerschiefer und von demselben umgeben, sowohl große als kleinere Granitlager findet, so daß man beide Gebirgsglieder nicht anders, als gleichzeitig entstanden, betrachten kann" (p. 4). „Von den andern Gliedern dieser Formation findet man sie zuweilen an einem Orte scharf von einander getrennt, an andern Orten verschmelzen sie so in einander, daß durchaus keine Grenzlinie zwischen denselben zu ziehen ist, ja selbst dieses Ineinanderschmelzen von einer Gebirgsart in die andere scheint sogar auch auf ihren Streichungslinien, sowie auch den aufsteigenden oder abfallenden Schichten nach Statt zu finden. Z. B., man verfolge die Richtung oder Neigung einer Gneißschicht und man wird hin und wieder finden, daß sie ein verschiedenartiges Gewebe des Korns annimmt, daß das Flasrige sich verliert, das Körnigverwirrte immer mehr hervortritt, und auf die Art ein vollkommener Uebergang aus dem Gneiß in Granit, aus dem Granit in Syenit, aus dem Syenit in Hornblendegestein u. s. w. Statt findet; oder auch das Flasrige wird immer schiefriger, das Körnige verliert sich ganz und Glimmerschiefer, Grünsteinschiefer und endlich Thonschiefer treten an die Stelle auf einer und derselben fortlaufenden oder aufsteigenden oder abfallenden Schicht." — Zum Schlusse der Beschreibung jenes Querdurchschnittes von Rio Janeiro gegen Goyaz zu, sagt v. Eschwege (p. 108): aus allen seinen Beobachtungen gehe hervor, daß die-

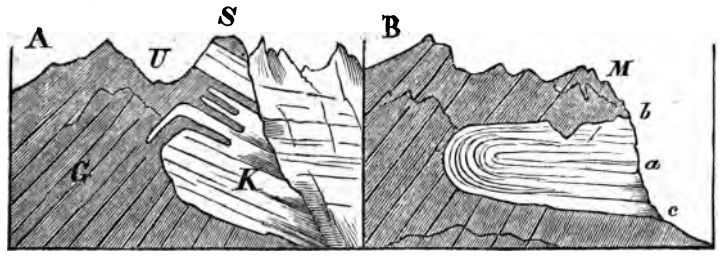
selben alle ein und dieselbe Richtung des Fallens und Streichens haben und durch ihre starke Neigung wie neben einander gestellt erscheinen. „Ferner geht daraus hervor, daß in dieser Erstreckung des Querdurchschnitts der Gebirgsarten die Urgebirgsarten gegen 50 mal unter einander Hauptabwechselungen machen und als Hauptgebirgsarten hervortreten, ungerechnet die minder beträchtlichen und unzähligen Wiederholungen und Abwechselungen dieser Gebirgsarten wieder unter sich, so daß ein und dieselben Gebirgsarten bald als untergeordnet, bald als Hauptgebirgsarten erscheinen. Wie wäre wohl noch möglich, bei einer Masse, die über hundert Meilen dick ist, sich eine Erhebung oder Einsenkung von ursprünglich horizontal gebildeten Schichten zu denken? Es wäre wider die gesunde Vernunft, diese Idee nach den beobachteten Factas noch beibehalten zu wollen" (p. 47). Ebenso zeigt auch ein Blick auf die Figur die Unregelmäßigkeit der Aufeinanderfolge, und des Wechsels dieser verschiedenen Bildungen, so daß auch nicht einmal die Zuflucht übrig bleibt, es möchten hier ungeheuere Faltungen Statt gefunden haben. Wir glauben, so lange nicht nachgewiesen ist, daß v. Eschwege's Beobachtungen unrichtig sind, und keiner der späteren Reisenden hat bis jetzt denselben widersprochen, wird man die von ihm mitgetheilten Verhältnisse, unter welchen jene Gesteine auftreten, wohl nie erklären können als wenn man eine wässerige Bildung für sie alle annimmt. — In ähnlicher Weise zeigen sich dieselben Gebilde in Skandinavien. Keilhau macht dieselben Bemerkungen über das Nebeneinandergestelltsein der verschiedenen Gebilde, ihre starke Neigung, ihre Uebergänge in einander selbst im Verlaufe ein und derselben Schichte; das Regellose in der Aufeinanderfolge der verschiedenen Gesteine. (Keilhau, Gaea Norvegica I. p. 373 etc.)

11) zu S. 411. Während derartige Verhältnisse für den Granit zu den häufigen Erscheinungen gehören, sind sie für den Gneiß äußerst selten beobachtet worden. Einen Fall von Gangbildung des Gneißes beschreibt z. B. A. v. Humboldt aus der Gegend von Antimano in Venezuela; dort wird der Glimmerschiefer von 36—48 Fuß mächtigen Gneißgängen, welche sich durch ihre großen Feldspathkrystalle auszeichnen, durchsetzt. Cotta hat Bruchstücke von Grauwackenschiefer in dem Gneiße des Goldberges von Goldkronach eingeschlossen gefunden. Alle die hier nur berührten Verhältnisse des Gneißes finden sich ausführlicher in Naumann's Lehrbuch II. p. 178 ff. erörtert. Höchst räthselhaft sind die Erscheinungen des Gneißes in den Alpen, wie denn überhaupt die Verhältnisse und der Bau dieses Gebirges zu den verwickeltsten und schwierigsten gehören, welche man bis jetzt angetroffen hat, man mag nun auf neptunistischem oder plutonistischem Standpunkte stehen. So bemerkt man gerade an den mächtigsten Massen derselben eine fächerartige Stellung sowohl der Gneißschichten als der neben demselben sich befindenden Gebilde, wie die folgende Figur ein Beispiel erkennen läßt, die links die Raveschkette, in der




G Gneiß. — K Kalk und Dolomit. — S Rother Sandstein.

Mitte Val Tuors und rechts die Albulakette darstellt. Ebenso eigenthümlich und wunderbar sind die Verbindungen und die gegenseitige Begrenzung von Gneiß und Kalksteinen in den Alpen, wovon wir hier ebenfalls zwei Beispiele nach Studer mittheilen, der sich vorzugsweise mit dem Studium dieser räthselhaften




Erscheinungen beschäftigt hat. In der Figur A, den Urbachsattel (U) darstellend, sieht man den Gneiß (G) keilförmig in den Kalk (K) eingreifen. Die Schichtung beider Gesteine schneidet sich unter sehr starken Winkeln, der eine der abgebrochenen Kalkkeile folgt der Schieferung des Gneißes; Ammoniten und Belemniten finden sich wohlerhalten in dem Kalke, ganz nahe dem Gneiß, der selbst keine Spur von Versteinerungen enthält. In der Figur B, den Mettenberg (M) darstellend, ist eine ganze Reihe von Kalkschichten dergestalt umgebogen, daß von a aus nach b und c sich genau dieselben Schichten, aber in umgekehrter Lagerung, folgen; die Gneißschichten selbst fallen in ungestörter Ordnung unter 45° gegen Süden. „Eine naturgemäße Erklärung dieser und ähnlicher Erscheinungen der Alpenwelt dürfte wohl nur in großartigen Hebungen, Verschiebungen und Ueberstürzungen zu finden sein, welche den Gneiß und das ihm aufgelagerte Kalksteingebirge zu einer Zeit betrafen, da der Kalkstein noch hinreichende Biegsamkeit und Weichheit besaß, um ein solches Ueberschlagen seiner Schichten, wie am Mettenberge, oder eine solche Eintreibung der keilförmig zersplitterten Gneißmasse, wie am Stellihorne (S), zu gestatten." (Studer, Lehrbuch der physikalischen Geographie II. p. 157 ꝛc.)

# Siebenzehntes Kapitel.

Die atmosphärischen Niederschläge. Zweierlei Wirkung des Wassers auf die Erdrinde: 1) Mechanisch von Bächen, Flüssen und dem Meere ausgeübt. Deltabildung. Meeresströme. 2) Chemisch, auflösend und zersetzend. Betrachtung der Circulation des Wassers in den Gesteinen. Entstehung der wässerigen Gebilde, der Quarzgesteine, Kalksteine, Dolomite, des Gypses, Steinsalzes, der Thone und Thonschiefer. Die s. g. „metamorphischen Gebilde", Glimmerschiefer, Gneiß ꝛc. Eine metamorphische Bildung dieser, sowie anderer krystallinischer Silicatgesteine ist unwahrscheinlich.

Wir haben schon einige Male erwähnt, daß das Wasser die Eigenschaft habe, sich in Gasform zu verwandeln, zu verdampfen, und daß die Menge des Wasserdampfes für einen bestimmten Raum sich nach der Temperatur desselben richte. Enthält derselbe soviel von jenem, als er seiner Temperatur nach aufzunehmen vermag, ist derselbe mit Wasserdampf „gesättigt", so hat eine Verminderung der Wärme augenblicklich eine theilweise Verdichtung des Dampfes zu flüssigem Wasser zur Folge, es entsteht ein wässeriger Niederschlag und zwar so lange, bis die Menge von jenem ebenso groß ist, als der Raum bei der niedrigeren Temperatur aufgelöst zu halten vermag. Auf der Erde befindet sich nun allerorts Wasser, welches verdunstet, die Luft enthält daher auch überall Wasserdampf, aber nach den großen Temperaturdifferenzen, welche auf ihr herrschen, ist auch in Beziehung auf den Feuchtigkeitsgrad der Luft ein sehr großer Unterschied. Wir haben im VII. Kap. p. 148 erklärt, wie eine fortwährende kreisförmige Strömung im Meere durch die ungleiche Temperatur desselben bedingt werde. In noch viel höherem Grade findet eine solche in dem Luftmeere Statt, die uns in den Winden bemerklich wird. Man wird nun leicht begreifen, wie in Folge dieser Luftströmungen wässerige Niederschläge aus der Atmosphäre veranlaßt

werden, indem die feuchte warme Aequatorialluft auf ihrem Zuge in der Höhe gegen die Pole zu sich immer mehr und mehr abkühlt, oder auch die kältere Polarluft, mit jener zusammentreffend, denselben Effect hervorruft. In beiden Fällen wird es je nach dem Feuchtigkeitsgrade der Aequatorialluft und der erlittenen Temperaturverringerung derselben zu einer mehr oder weniger bedeutenden Verminderung des Sättigungsgrades der Luft kommen, und in Folge dessen zu einer Verdichtung von größeren oder geringeren Quantitäten des Wasserdampfes zu Thau, Regen, Schnee u. s. f. Die Menge des atmosphärischen Niederschlages ist eine äußerst wechselnde, nicht nur von der geographischen Breite abhängig, sondern von mancherlei localen Einflüssen, von den Reliefverhältnissen des Landes, von dem Verhältnisse des Festlandes und des Meeres, von der physikalischen Beschaffenheit des Bodens und dergleichen mehr oder weniger bedingt [1]). Im Allgemeinen nimmt jedoch die Feuchtigkeit der Luft und die jährliche Regenmenge von dem Aequator nach den Polen zu ab. In den Tropengegenden der neuen Welt beträgt die letztere durchschnittlich 108 Pariser Zoll, d. h. das Regenwasser eines ganzen Jahres würde, über den Boden jener Gegenden ausgebreitet, denselben gerade 108 Pariser Zoll, das ist also 9 Fuß tief bedecken. In Deutschland beträgt dieselbe durchschnittlich etwa 22 Zoll. Das Maximum der jährlichen Regenmenge wurde an der indischen Westküste südlich von Bombay in Mahabaleshwar unter 18° nördlicher Breite beobachtet, wo sie eine Höhe von 283½ Zoll, also 23½ Fuß, erreichte [2]).

Wenn Wasser verdampft, so läßt es, wie viele alltägliche Erfahrungen lehren, die fremden, in ihm aufgelösten festen Bestandtheile zurück, verdichteter Wasserdampf ist daher reines Wasser, und dieses gilt auch für unsere, aus der atmosphärischen Feuchtigkeit sich bildenden Niederschläge, Thau, Regen und Schnee [3]). Dagegen hat es die Eigenschaft, mit verschiedenen gasigen Körpern, welche sich in der Luft befinden, sich zu vereinigen, und je nach der Temperatur, denen das Wasser ausgesetzt ist, in größerer oder geringerer Menge dieselben festzuhalten. Jedermann weiß, daß Brunnen-, Quell- oder Regenwasser schon beim Stehen in einem wärmeren Raume nach einiger Zeit kleine Bläschen an den Wänden des Gefäßes wahrnehmen läßt, und ebenso, daß beim Erhitzen desselben, ehe das Kochen beginnt, sich eine große Menge von

Luftblasen entwickeln. Das Wasser kann diese Gase nämlich nur bei geringerer Temperatur aufgelöst erhalten, bei Siedhitze entweichen dieselben sämmtlich. Läßt man gekochtes Wasser aber wieder längere Zeit stehen, so nimmt es allmählich wieder Luft auf. Man findet daher in unseren Quellen und Flüsse die sämmtlichen in der Atmosphäre vorhandenen Gasarten, also Stickstoff, Sauerstoff und Kohlensäure, und namentlich von letzterer kann das kalte Wasser bedeutende Mengen aufgelöst enthalten. Bei gewöhnlicher Temperatur und gewöhnlichem Luftdrucke nimmt ein Kubikfuß Wasser 1,06 Kubikfuß Kohlensäure auf. Steigt der Druck, dem das Wasser ausgesetzt ist, so wächst sein Vermögen, Kohlensäure aufzunehmen, jedoch nicht in geradem Verhältnisse mit dem Drucke; nach Couerbe nimmt bei siebenfachem Drucke das Wasser nur 5 mal mehr auf, als bei dem einfachen*). Verringert sich dagegen der Druck, so entweicht die Kohlensäure rasch in Blasen, wie man dies an vielen Mineralquellen deutlich erkennen kann[4]). Kommen daher die atmosphärischen Wasser auf ihrem Wege durch die Spalten der Erdrinde mit Kohlensäure in Berührung, so wird die geringe Menge derselben, welche jene aus der Atmosphäre mitbringen, oft bedeutend vermehrt und ihre zersetzende Einwirkung auf die Gesteine dadurch sehr erhöht.

Wir haben schon pag. 2 erwähnt, daß uns alltägliche Beobachtungen eine doppelte Wirkung des auf der Erde kreisenden Wassers erkennen ließen, nämlich eine mechanische, welche nur durch die Bewegung des Wassers erzeugt wird, und in allen ihren Stadien uns sichtbar ist, und eine dynamische, durch die chemischen Eigenschaften des Wassers bedingte, welche uns nur in ihren Endresultaten erkennbar wird. Sie sind in der Wirklichkeit nicht getrennt, d. h. neben der mechanischen ist immer zugleich die chemische Thätigkeit des Wassers mit im Spiele; doch wollen wir sie beide getrennt betrachten.

Die mechanische Wirkung des Wassers ist wieder eine doppelte, je nachdem es flüssig oder fest, Eis, ist. Die des letzteren werden wir später für sich betrachten, da sie nur für bestimmte Orte und Zeiten, durch die Gletscherbildung, eine besondere Bedeutung erlangt hat. Die Einwirkung des flüssigen Wassers ist

*) Bischof, Lehrbuch der physikalischen und chemischen Geologie I. p. 266 ꝛc.

ersteren genau zu bestimmen. Ebenso sieht man auch an einzelnen größeren Krystallen die Oberfläche oder das eine Ende derselben vollkommen umgewandelt, und ist somit durch das Studium dieser Erscheinungen im Kleinen in den Stand gesetzt, die Vorgänge im Großen leichter zu begreifen [9]).

Es würde zu weit führen, alle diese Umwandlungsprocesse, deren Schilderung ganze Bände anfüllen würde, genau zu verfolgen; wir begnügen uns damit, im Allgemeinen die für die Bildung der secundären Gesteine wichtigen und deren Entstehung erläuternden Processe anzuführen, oder vielmehr die Quellen, die Mineralien, anzugeben, aus welchen diese einfachen wässerigen Gebilde ihren Ursprung genommen haben. Wir betrachten nun die Einwirkung der atmosphärischen Wasser auf die zusammengesetzten Silicatgesteine. Quarz, Feldspath, Hornblenden, Augite und Glimmer sind die Mineralien, welche dieselben hauptsächlich bilden. Was nun zunächst den Quarz betrifft, so ist dieser eine Verbindung, die keiner eigentlichen Zersetzung, sondern nur einer Auflösung fähig ist. Wir vermissen daher die Kieselsäure in keiner Quelle, welche aus Gesteinen kommt, welche sie enthalten, wenn schon die Menge derselben sehr gering ist; in dem Rheine bei Basel beträgt sie 0,021, im Meere selbst bis 0,03 in 10000 Theilen Wasser. In beträchtlich höherem Grade auflösend wirkt heißes Wasser auf die Kieselsäure und ihre Verbindungen. Bekannt wegen ihres Reichthums an Kieselsäure sind die heißen Quellen Island's. In dem Geiser finden sich nach Damour's Analyse selbst 5,19 derselben auf 10000 Theile Wasser.

Anders verhält es sich nun mit den Verbindungen der Kieselsäure, mit den oben angeführten Mineralien. Bei diesen tritt nun schon eine Zersetzung ein, sie lösen sich nicht mehr blos einfach auf. Namentlich kaltes Wasser zeigt diese zersetzende Wirkung sehr deutlich, während heißes Wasser noch mehr lösende Eigenschaften hat. Besonders gilt dieses letztere, wenn Wasser unter hohem Druck und größerer Hitze auf dieselben einwirkt. Nach Wöhler's bekannten Versuchen löste sich Apophyllit, ein Zeolith (cfr. p. 387) in heißem Wasser bei starkem Drucke vollkommen auf und schied sich nach dem Erkalten des Wassers wieder in Krystallen aus. Forchhammer fand, daß selbst Feldspath im Papinischen Topfe bei einer Temperatur des Wassers von 177,6° C. und einem

ehe die folgenden Massen sich auf jener über das Wasser erheben können.

Es würde zu weit führen, wollten wir alle diese Wirkungen des bewegten flüssigen Elementes in ihren mancherlei Abstufungen ausführlich betrachten, und die historisch nachweisbaren Veränderungen der Erdoberfläche durch dieselben auch nur theilweise beschreiben. Wir begnügen uns hier mit einigen allgemeinen Bemerkungen über die Wirkungen der Flüsse und die des Meeres, die wir durch etliche Beispiele deutlicher zu machen suchen werden.

Wenn wir während oder kurz nach einem Regen an dem Fuße eines Hügels hingehen, der wenig bewachsen und von lockeren Massen gebildet ist, so bemerken wir sehr deutlich, wie die Regentropfen sich auf dem Boden zu kleinen Strömchen vereinigen, rasch den Abhang hinabgleiten, sich dabei in das Erdreich einwühlen und so kleine Rinnen bilden. Verfolgen wir diese Rinnen, so sehen wir, wie sie immer tiefer und breiter werden, wie mehrere derselben, sich vereinigend, noch weiter hin auf dem ebenen Boden mannichfach gewunden sich erstrecken, bis sie sich unten in der Ebene in einer Lache verlieren, welche von dem Wasser einer größeren Anzahl solcher Rinnen gebildet wird. Hört der Regen auf, so bemerken wir, daß das gröbere Material, kleine Steinchen und der gröbere Sand, am Fuße des Abhanges liegen geblieben ist, daß nur die feineren Bestandtheile, der leichtere Sand und die Lehmtheilchen, noch weiter verfolgt werden können, und daß sie eine mehr oder weniger fächerartige Ausbreitung in jener Lache gebildet haben, welche je nach der Neigung des Bodens und der Feinheit des eingeschwemmten Materials eine verschiedene Ausdehnung erlangte.

Ganz dieselben Erscheinungen nun bieten unsere Flüsse im Großen dar. Auch sie reißen in dem oberen Theile ihres Laufes große Massen von Blöcken und Steinen mit sich fort, wobei sich dieselben immer mehr an einander abrunden und verkleinern, und lassen sie liegen, wenn mit der geringer werdenden Neigung ihres Bettes die Schnelligkeit, und mit der Verminderung des Wasserstandes im Sommer und Winter die Masse des bewegenden Elementes abnimmt. Sowie sie ihren Oberlauf verlassen haben, trifft man selten noch größere Steine in den Flüssen an, zuletzt finden sich in dem sanft geneigten Bette des Unterlaufes nur noch feine Schlammmassen oder staubartige Sandkörnchen vor. Ist endlich

sich in den tieferen dann keine kohlensauren Verbindungen mehr bilden. Von den Basen, welche wir hier hauptsächlich zu betrachten haben, Kali, Natron, Kalk und Magnesia, ist es nun der Kalk, welcher die größte Verwandtschaft zu der Kohlensäure hat, von den beiden ersteren wieder das Natron mehr als das Kali. Sind daher in einem Gesteine diese sämmtlichen Basen enthalten, so wird zuerst der Kalk in kohlensauren verwandelt, und erst später können die übrigen Silicate sich in Carbonate umsetzen [10]). Die auf diese Weise ausgeschiedene Kieselsäure wird entweder als solche im reinen Zustande aufgelöst und fortgeführt, oder sie tritt ebenfalls an die übrigen Basen, welche die Fähigkeit haben, eine große Menge verschiedener in Wasser noch löslicher Verbindungsstufen mit der Kieselsäure zu bilden. Eine dieser Verbindungen ist das sogenannte Kaliwasserglas, das aus 3 Atom Kali und 8 Atom Kieselsäure besteht; Forchhammer hat selbst künstlich eine hergestellt, in welcher 16 Atom Kieselsäure auf 1 Atom Kali kamen; 1 Atom Natron kann selbst 24 Atom Kieselsäure aufnehmen und auch die Magnesia bildet gerne verschiedene, wenn auch äußerst schwer in Wasser lösliche Verbindungen mit der Kieselsäure. Das Eisenoxydul, welches sich in den Gesteinen befindet, macht insoferne eine Ausnahme von den bisher erwähnten Basen, als es in Berührung mit Sauerstoff und Wasser sehr leicht beide Bestandtheile aufnimmt und als sogenanntes Eisenoxydhydrat, Eisenocher, ausgeschieden wird, welches ebenfalls, wie der Thon, von dem atmosphärischen Wasser nicht mehr weiter verändert wird, indem es als solches keine Verbindung mit der Kohlensäure eingehen kann. Kommen daher Wasser mit Kohlensäure und Sauerstoff zu Eisenoxydulsilicaten, so oxydirt sich das Eisen höher, und die Kieselsäure wird ebenfalls wieder ausgeschieden, ist der Sauerstoff aber bereits vollkommen von höher gelegenen Massen absorbirt, so erfolgt in den tieferen Regionen keine solche höhere Oxydation mehr und die Kohlensäure kann sich nun mit dem Eisenoxydul verbinden [11]).

Untersuchen wir nun unsere Quellen und Flüsse, so finden wir auch alle diese Zersetzungsproducte der Gesteine, aus welchen sie kommen, in ihnen aufgelöst. Reicht die vorhandene Wassermasse vollkommen zu ihrer Auflösung hin, wie dies in unseren meisten Flüssen und Quellen wirklich der Fall ist, so sehen wir

keinen Niederschlag aus ihnen erfolgen, sie schaffen ihre verschiedenen Stoffe in den allgemeinen Sammelort der fließenden Gewässer, in das Meer, wo sie nach den chemischen Gesetzen sich austauschen und anordnen. Auch in diesem wird es nur dann zu einem Niederschlage kommen, wenn nach und nach durch die fortwährende und anhaltende neue Zufuhr aufgelöster Substanzen durch die Flüsse der Sättigungsgrad für die einzelnen erreicht ist. Aber auch diese Niederschläge entziehen sich unseren Blicken; nur an einzelnen Localitäten sehen wir derartige, durch besondere örtliche Verhältnisse bedingte Abscheidungen sich in geringerem Maßstabe bilden. Daß alle diese Zersetzungsprocesse stets gleichzeitig vor sich gehen, daß sie verschiedene Producte liefern, je nachdem sie verschiedene Gesteine betreffen, bedarf wohl keiner Erwähnung, daß daher auch an verschiedenen Stellen der Meere von den Flüssen ganz verschiedene Stoffe in dieselben eingeführt werden, daß dieses in ungleichem Grade geschieht, daß sich also gleichzeitig an verschiedenen Orten ganz verschiedene Niederschläge bilden können, wird Jeder leicht begreifen können. Wir betrachten nach diesen allgemeinen Andeutungen die Gesteine, deren Entstehung wir noch nicht besprochen haben, und wollen sehen, wie weit wir aus den angegebenen Processen der Zersetzung älterer Silicatgesteine die Bildung derselben erklären können.

1) Die Quarzgesteine. Wir haben gefunden, daß nicht nur die freie Kieselsäure, der Quarz, in den krystallinischen Silicatgesteinen von dem Wasser fortgeführt, sondern auch, daß die an Basen gebundene durch die Kohlensäure ausgetrieben wird. Diese Säure zersetzt, mit Ausnahme des Thonerdesilicats, alle Verbindungen der Kieselsäure und diese kann nur da, wo jene Säure fehlt, mit Basen sich verbinden. Wir können daher die chemische Bildung von den verschiedenen Quarzgesteinen, z. B. Sandsteinen, sehr wohl begreifen und die Menge derselben wird uns nicht befremden, wenn wir die großen Quantitäten von Kieselsäure in's Auge fassen, welche in allen jenen Silicatgesteinen theils frei, als Quarz, theils an Basen gebunden vorkommt. Nur der Quarz derselben konnte und kann zur mechanischen Bildung von Sandsteinen Veranlassung geben, indem die Körner desselben aus zerstörten Graniten, Gneißen u. s. w. fortgerissen, verkleinert und zu Sandkörnchen umgeformt wurden. Wir haben schon p. 370 bei

der Beschreibung der Sandsteine erwähnt, daß die Körner sehr vieler eckig, scharfkantig, und von anderem Aussehen als die Körner der Granite und anderer quarzhaltiger Gesteine sind. Für solche möchte eine mechanische Bildung nicht wohl anzunehmen sein, sie sind viel wahrscheinlicher, wie viele lockere Sandmassen, Ausscheidungen aus Meeren, welche Kieselsäure aufgelöst enthielten.

2) Die Kalksteine. Die Kohlensäure hat, wie wir bemerkten, die größte Verwandtschaft zur Kalkerde. Wo kohlensäurehaltiges Wasser mit Silicaten in Berührung kommt, welche Kalkerde enthalten, wird immer kohlensaurer Kalk gebildet, es mögen nun andere Basen noch außerdem vorhanden sein oder nicht. Wir finden Kalkerde aber als einen häufigen Bestandtheil von Feldspatharten (Oligoklas und Labrador besonders), Augiten und Hornblenden, so daß wir demnach die Kalkerde in den meisten krystallinischen Silicatgesteinen antreffen, die eine reiche Quelle für den kohlensauren Kalk sind. Daß die Zersetzung dieser Gesteine, die Bildung von kohlensaurem Kalk, schon ziemlich weit fortgeschritten ist, ehe wir es mit den Augen wahrnehmen können, davon überzeugt uns eine einfache Benetzung auch frisch zerschlagener Gesteine mit etwas Salzsäure. Scheinbar vollkommen unversehrte und unveränderte Basalte z. B. lassen dann ein Aufbrausen erkennen, indem die Kohlensäure des gebildeten kohlensauren Kalkes von der Salzsäure wieder ausgetrieben wird. Von demselben löst sich unter den günstigsten Umständen 1 Theil in 1000 Theilen Wasser, wenn dieses wenigstens 0,022% freie Kohlensäure enthält; es löst sich aber auch nicht mehr davon, wenn größere Mengen dieser Säure vorhanden sind. Da wir nun in den meisten Quellen und Flüssen bei weitem weniger Kalk antreffen, als 1 auf 1000 Theile, so ist eine noch viel geringere Menge von Kohlensäure hinreichend, diese Substanz aufgelöst zu erhalten und es kommt daher fast aller in kalten Wassern enthaltener Kalk in das Meer. In welcher Menge dieses geschehe, davon kann uns eine einfache Berechnung der nur von kleinen Flüssen fortgeführten Kalkmassen einen Begriff geben. Im Wasser der Pader z. B. befindet sich $^1/_{3959}$ seines Gewichtes an Kalk. In jeder Minute werden von diesem kleinen Flüßchen, kurz nach Vereinigung seiner verschiedenen Quellen, 271,4 ℔ kohlensauren Kalkes fortgeführt (G. Bischof).

Nach Walchner's *) Untersuchungen führen die Quellen von Canstatt täglich 2000 Centner dieses Gesteines fort. Die Absätze von Kalk aus den italienischen Flüssen haben wir schon weiter oben besprochen [12]).

Es entsteht nun die Frage, wie sich der kohlensaure Kalk aus dem Meere absetzen kann? Hier haben wir nun vier verschiedene Möglichkeiten.

a) Es wird durch die Flüsse immerwährend Kalk hineingeführt, bis endlich der Sättigungsgrad des Meeres, 1 Theil auf 1000 Theile Wasser, erreicht ist; von diesem Augenblicke an fällt natürlich ebenso viel Kalk nieder, als von den Flüssen hineingeführt wird [13]).

b) Es wird das Verhältniß des Zuflusses und der Verdunstung eines Meeres durch irgend welche Umstände so geändert, daß das verdunstete Wasser nicht mehr durch Zuflüsse ersetzt wird. Es kann dieses nur bei Binnenmeeren der Fall sein, die mit dem allgemeinen Oceane nicht mehr in Verbindung stehen. In Folge der großen Revolutionen früherer Zeiten, durch welche Meeresgrund zu Festland wurde, mögen auf diese Weise Theile des allgemeinen Oceans zu Binnenmeeren geworden sein, aus denen dann durch allmähliche Verdunstung derselben die aufgelösten Massen sämmtlich niederfallen mußten. Doch werden auf diese Weise nur wenige unserer Kalkgebirge sich gebildet haben, indem selbst ein 25000 Fuß tiefes, mit kohlensaurem Kalke gesättigtes Meer nur eine 8 Fuß dicke Schichte desselben hinterlassen würde.

c) Es konnte sich und kann sich noch durch gegenseitige Zersetzung aus anderen Kalksalzen kohlensaurer Kalk bilden. Wir finden nämlich in unseren Flüssen und Quellen den Kalk nicht nur an Kohlensäure gebunden, sondern auch nicht selten an Schwefelsäure und auch zuweilen an Chlor **); in anderen Wassern dagegen finden wir kohlensaures Kali und kohlensaures Natron oft in ziemlicher Menge. Die sämmtlichen hier genannten Verbindungen lösen sich aber in beträchtlich größerer Menge im Wasser

*) Darstellung der geognostischen Verhältnisse der Mineralquellen am Schwarzwalde p. 35.

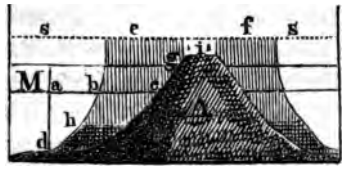
**) G. Bischof hat Chlorcalcium und Chlormagnesium in mehreren Quellen, die aus Basalten, Porphyren, Graniten ꝛc. kommen, nachgewiesen (a. a. O. I. 524. 562 ꝛc.).

auf, als der kohlensaure Kalk. Kommt nun Chlorcalcium oder schwefelsaurer Kalk durch Flüsse in's Meer und findet dort kohlensaures Natron oder Kali, so erfolgt augenblicklich ein gegenseitiger Austausch; Kali und Natron haben eine stärkere Verwandtschaft zur Schwefelsäure und zum Chlor als der Kalk; es bildet sich kohlensaurer Kalk, die Schwefelsäure und das Chlor treten an die Alkalien.

d) Von der größten Wichtigkeit für die Abscheidung des kohlensauren Kalkes sind auch organische Wesen und zwar aus den niedersten Klassen der Thierwelt, die zu ihren Schalen und Gerüsten fast nur kohlensauren Kalk verwenden und beim Absterben auf dem Meeresgrunde zurücklassen. Es sind hauptsächlich die s. g. Infusionsthierchen und Polythalamien, mikroscopisch kleine Geschöpfe, von denen Millionen zusammen erst einen Fingerhut füllen würden [14]), und etwas größere, zu den Polypen gehörige Thierchen, deren kalkige Gerüste die Korallen bilden. Einen großen Theil der in unseren Kalkgebirgen abgelagerten und der in unseren Meeren sich noch bildenden Massen müssen wir als das Product der rastlos im Stillen fortschreitenden Thätigkeit dieser unscheinbaren Wesen ansehen. Es ist ganz unglaublich, mit welcher Schnelligkeit namentlich die Infusionsthierchen sich fortpflanzen und welche ungeheuere Wirkung in Beziehung auf die Abscheidung des kohlensauren Kalkes sie auszuüben im Stande sind. Nach Ehrenberg's Beobachtungen ist ein Individuum von Hydatina senta in 24 Stunden einer vierfachen Vermehrung fähig. Nehmen wir an, daß jedes dieser seiner Nachkommen sich in derselben Weise vermehrt, so zeigt eine leichte Rechnung, daß am zehnten Tage eine Million, am dreißigsten eine Trillion solcher Infusionsthierchen von einer Mutter abstammen. Andere Arten vermehren sich selbst in noch stärkerer Progression. Die Größe derselben wechselt zwischen $^1/_6$ bis $^1/_{288}$ Linie; berechnen wir aus der mittleren Größe derselben das Gewicht ihrer Schale, so finden wir dasselbe zu circa $^1/_{2000}$ Gran. Eine Trillion solcher Schalen wiegt demnach circa 65000 Millionen ℔; sie würden ungefähr eine □ Meile mit einer $1^3/_4$ Fuß dicken Schichte bedecken. Wenn in einem Monate von den Nachkommen eines Thierchens ein solcher Effect unter den günstigsten Verhältnissen erzielt werden kann, so begreift man, wie bedeutend die Abscheidung des Kalkes durch diese Thierchen in längeren Zeit-

räumen werden muß. Die gewöhnliche Kreide läßt unter dem Mikroscope noch sehr wohl die verschiedenen Schalen erkennen, deren Anhäufung sie fast ganz allein ihren Ursprung verdankt.

Mehr festere Massen als die Kreide liefern die Korallen, namentlich die s. g. Riffkorallen [15]). Die Lebensbedingungen für diese sind: ein warmes seichtes Meer, klares reines Wasser, und eine fortwährende Bedeckung von demselben. Nach Dana erfordern sie wenigstens eine Temperatur von 18° C., am besten gedeihen sie bei 24—27° C.; unter 180 Fuß Tiefe wird keine Riffkoralle lebend angetroffen. Sie siedeln sich daher meist an den Küsten der Continente und um die Inseln herum an. Manche beginnen ihren Bau auf seichtem Meeresgrunde und geben so Veranlassung zur Bildung der Koralleninseln. Rückt nämlich der Bau bis nahe an die Oberfläche, so werden durch die Brandung von dem Rande desselben einzelne Fragmente losgerissen, auf die Mitte desselben hinaufgeschleudert und geben so Veranlassung zur Entstehung eines kleinen, auf Korallen ruhenden und aus Korallenmasse bestehenden Inselchens, das sich nach dem Umfange des Riffes richtet und mit der wachsenden Größe desselben ebenfalls wächst. Durch die Verwitterung bildet sich nach und nach eine vegetationsfähige Rinde auf dieser, dem Bereiche der Wellen entrückten, niedrigen Landmasse, Samen, die das Meer hergespült oder Vögel hergebracht haben, gehen auf und wachsen, und bereiten so den Menschen einen Ansiedlungspunkt, wie es deren viele von Hunderttausenden bewohnte in der Südsee giebt. Es sind diese Korallenriffe der Gegenwart aber auch noch in anderer Beziehung von großem Interesse. Sie geben uns, wie wir bereits pag. 120 erwähnten, ein Mittel an die Hand, Veränderungen des Meeresgrundes zu erkennen, indem uns eben die Lebensweise der Korallen dies möglich macht. Wenn wir jetzt bestimmte Arten Riffkorallen lebend nur in einer gewissen Tiefe antreffen, so können wir aus Riffen, welche aus einer viel bedeutenderen emporsteigen, den Schluß ziehen, daß sich der Meeresgrund an dieser Stelle gesenkt habe. Es sei z. B. M der Meeresspiegel an einer Insel A, a d gerade 180 Fuß tief, so werden wir von b c bis



d noch lebende Riffkorallen antreffen, weiter aber werden sie sich nicht in die Tiefe erstrecken. Nun denke man sich eine Senkung des Meeresgrundes in jener Gegend, und zwar so, daß der Wasserspiegel dadurch an dem Inselchen A bis g reicht; jetzt werden sämmtliche zwischen h und d sich befindenden Korallen absterben (der schattirte Theil des Riffes), dagegen werden sie ober b c fortbauen, bis die Oberfläche des Wassers ihrem weiteren Wachsthum ein Ende macht. Wiederholt sich diese Senkung des Grundes öfter, so sterben unten immer mehr und mehr Korallen ab, das Riff wird immer höher und wenn zuletzt das Inselchen verschwindet, der Meeresspiegel bei s s erscheint, so entsteht ein ringförmiges Riff, ein s. g. Atoll, welches zur Entstehung einer ringförmigen Koralleninsel, e f, in deren Mitte sich eine Lagune i befindet, Veranlassung giebt. Man hat nun aus der Beobachtung an den Korallenbauten des stillen Oceans wirklich gefunden, daß sich ausgedehnte Strecken desselben in einer fortwährenden Senkung befinden. Das Emporsteigen von Riffen über den jetzigen Meeresspiegel bietet dagegen einen Beweis für die Hebung desselben dar, indem Korallen nie über den tiefsten Stand der Ebbe hinaus ihren Bau fortführen können, da sie sehr schnell sterben, sowie sie nicht mehr vom Wasser bedeckt sind.

Aus solchen Beobachtungen hat man gesehen, daß Südamerika, die Hebriden, die Sundainseln und die afrikanischen Küsten noch gegenwärtig eine Hebung, der stille Ocean, Neuholland und die Malediven und Lakediven eine Senkung des Meeresgrundes erkennen ließen. Wir wollen hier nicht näher auf diese Verhältnisse eingehen, um uns nicht zu lange von unserem eigentlichen Gegenstande, nämlich der Abscheidung des kohlensauren Kalkes aus dem Meere, zu entfernen.

Wir hatten also vier Möglichkeiten für diese gefunden, nämlich Ausscheidung durch stete erneute Zufuhr, durch Verdampfung des zur Auflösung nöthigen Wassers, durch chemische Zersetzung anderer Kalksalze, und durch thierische Thätigkeit. Es ist nicht möglich, im Allgemeinen zu entscheiden, welcher von diesen verschiedenen Bildungsweisen der meiste Kalk seinen Ursprung verdanke; wir können mit Sicherheit nur die letzte und diese nur für die Kreide nachweisen; für alle übrigen, namentlich für die älteren

Kalkſchichten, kann man nur mit mehr oder weniger Wahrſcheinlichkeit die eine oder die andere Art der Entſtehung ausſprechen.

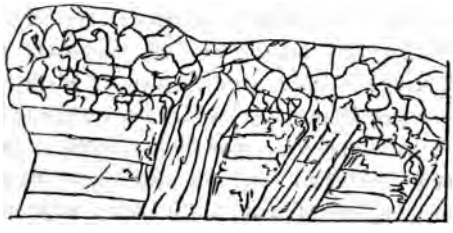
3) Dolomit. Er beſteht aus kohlenſaurem Kalk mit kohlenſaurer Magneſia. Nach den Quellen der Magneſia brauchen wir uns nicht lange umzuſehen, die Augite, die Hornblenden, die Glimmer enthalten bedeutende Mengen dieſer Erde und in vielen Feldſpatharten, die Kalk enthalten, findet ſie ſich, wenn auch in viel geringerer Menge *). Auch mit ihr verbindet ſich die Kohlenſäure bei der Verwitterung, doch viel weniger leicht, als mit der Kalkerde, daher wir auch viel mehr kohlenſauren Kalk als kohlenſaure Magneſia antreffen; letztere iſt auch leichter in kohlenſäurehaltigem Waſſer löslich, als das Kalkcarbonat, es löſen ſich nämlich 13½ Theile in 10000 Waſſer. Auch von ihr finden wir in keiner Quelle, in keinem Fluſſe, eine ſolche Menge; das Maximum zeigt die Heilbronner Quelle in einem Seitenthale des Brohlthales, die 10,93 enthält; manchen Flüſſen fehlt ſie ganz, während der Kalk nie vermißt wird. Dagegen iſt in reinem, kohlenſäurefreiem Waſſer das Magneſiacarbonat viel löslicher als das Kalkcarbonat, indem es 27 mal mehr von jenem als von dieſem aufnimmt, nämlich 2,44 von jenem und nur 0,09 von dieſem auf 10000 Theile Waſſer. Man ſieht daraus leicht, wie lange vorher, ehe ſich eine Spur von kohlenſaurer Magneſia niederſchlägt, wenn ſelbſt das Waſſer gleiche Mengen von beiden Carbonaten enthält, eine bedeutende Maſſe von Kalk ſich abſcheiden muß. Nun findet ſich aber in den Waſſern der Flüſſe und Meere viel mehr kohlenſaure Kalkerde, als Magneſia, was wegen der größeren Verwandtſchaft der Kohlenſäure zur Kalkerde als zur Magneſia leicht erklärlich iſt und wir begreifen, warum wir ſo viele ganz reine Kalkcarbonate oder nur mit geringen Spuren kohlenſaurer Magneſia gemengte in unſeren Gebirgen antreffen. Die Magneſia verhält ſich in dieſer Beziehung der Kalkerde gegenüber ähnlich wie Kali und Natron; bei der Zerſetzung der Silicate durch die atmoſphäriſchen Waſſer bildet ſich vor Allem Kalkcarbonat, ſo lange Kalkerde vorhanden iſt und die Magneſia, wie jene, gehen, noch gebunden an Kieſelſäure, theilweiſe mit den Waſſern fort. Das Mag-

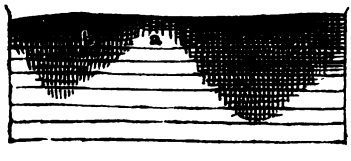
*) Cfr. die Tabelle von G. Biſchof a. a. O. I. p. 395, in denen Orthoklaſe, Albite und Oligoklaſe mit Kalk- und Magneſiagehalt angeführt ſind.

nesiasilicat ist aber außerordentlich schwer löslich; nach Bischof's Versuchen löst sich 1 Theil derselben im Mittel in 60,000 Theilen Wasser (I. p. 778), nichtsdestoweniger sehen wir die Magnesiasilicate eine sehr wichtige Rolle unter den secundären Erzeugnissen spielen. Der Speckstein, der Meerschaum, der Serpentin, Talk und Chlorit sind solche wasserhaltige, aus Zersetzung anderer Gesteine entstandene und fortgeführte Magnesiasilicate, die sich lagerweise und in Gangform in anderen finden, und von denen namentlich der Serpentin seines gangförmigen Auftretens wegen als ein plutonisches Erzeugniß angesehen worden ist [16]). Wenn auch ein großer Theil der Magnesia auf diese Weise an Kieselsäure gebunden bleibt, so wird nichtsdestoweniger ein ebenso bedeutender Theil zur Bildung von kohlensaurer Magnesia und mit dem Kalke zur Bildung von Dolomit verwandt. Es treten diese Dolomite oft unter ganz eigenthümlichen Verhältnissen auf, so daß wir für dieses Gestein zweierlei Entstehungsarten annehmen müssen. Gewisse Dolomite sind, wie viele Kalksteine auch, entschieden Meeresniederschläge [17]) und über ihre Bildung gilt dasselbe, was für die Kalksteine bemerkt wurde. Es setzt dieselbe nur noch das voraus, daß in dem Meere, aus welchem sie sich niederschlugen, das Kalkcarbonat und das Magnesiacarbonat in einem derartigen Verhältnisse standen, daß durch die Verdunstung, durch die fortdauernde Zufuhr oder die gegenseitige Zersetzung anderer Kalk- und Magnesiasalze mit kohlensauren Alcalien sich eben ein Dolomit bilden konnte. Das wechselnde des Verhältnisses im Magnesiagehalte und die an einigen Dolomiten bemerkte Steigerung desselben in höheren Schichten *) läßt sich dann leicht erklären; eine größere Menge der Kalkerde, und das spätere, erst nachdem lange schon Kalk abgeschieden ist, eintretende Niederfallen der Magnesia, durch die leichtere Auflöslichkeit derselben bedingt, werden uns diese Erscheinungen nicht räthselhaft vorkommen lassen. Nur die Fixirung derselben durch Organismen findet nicht in dem Grade Statt, wie bei dem Kalke; die Muschelschalen, die Korallen und Infusorien enthalten nur äußerst geringe Mengen dieser Erde. Deutliche Schichtung, weite Ausbreitung, kurz, alle charakteristischen Zeichen einer sedimentären Bildung kommen dieser Art von Dolomiten zu.

*) Cfr. Petzholdt, Beiträge zur Geognosie von Tyrol p. 431 ꝛc.

Ganz anders verhält es ſich aber mit anderen in verſchiedenen Formationen. Dieſen fehlen jene Zeichen, ja ſie bieten ſo abſonderliche Verhältniſſe dar, daß ſie in den Formen, welche ſie uns darbieten, unmöglich als urſprüngliche Bildungen angeſehen werden können. Wir wollen etwas näher auf dieſe eingehen, weil ſie uns zugleich als ein Beiſpiel für die Metamorphoſe der Geſteine im Allgemeinen dienen können. Die hierher gehörigen Dolomite zeigen ſich gewöhnlich ungeſchichtet, gang- oder lagerförmig ohne Verſteinerungen und meiſt mit Kalkſteinen verbunden, welche deutliche Schichtung erkennen laſſen und reich an Verſteinerungen ſind. Ein ſehr ſchönes Beiſpiel für dieſes Vorkommen hat Klipſtein von der oberen Lahngegend mitgetheilt; hier ſieht man durch deutlich geſchichteten Kalkſtein gangförmig Dolomitmaſſen hindurchtreten und oben deckenförmig ſich über denſelben ausbreiten; jedoch finden, wie dies auch in der Figur angezeigt iſt, ganz allmähliche Uebergänge von dem Dolomit in den Kalk Statt. Aehnliche Erſcheinungen hat Grandjean aus der untern Lahngegend mitgetheilt, die deutlich dafür ſprechen, daß nur da, wo die Atmoſphärilien eindringen konnten, ſtatt des Kalkes Dolomit erſchien. Ich ſelbſt habe für die Dolomite des fränkiſchen Juras gezeigt, daß auch ihre Entſtehung nur aus einer von oben her die Kalkſteine mit Magneſia imprägnirenden, ſpäter eingedrungenen Flüſſigkeit ſich begreifen laſſe. Man findet nämlich nicht ſelten ein Verhältniß des Dolomites zum Kalke, wie es die folgende Figur darſtellt. Der Kalk iſt auch hier geſchichtet, unkryſtalliniſch, reich an Verſteinerungen; der reine Dolomit iſt ungeſchichtet, ſehr ſchön kryſtalliniſch ausgebildet und in der Regel ohne Verſteinerungen. Es finden aber ganz allmähliche Uebergänge von einem Geſtein in das andere Statt, und zwar in der Weiſe, wie es die Schattirung angiebt, ſo daß wir von dem





reinen Kalke bis zu dem reinen Dolomite alle möglichen Zwischenstufen des Magnesiagehaltes und ebenso ein ganz allmähliches Sichverlieren der Schichtung und des unkryſtalliniſchen Habitus wahrnehmen können. Es iſt die Umwandlung des Kalkſteines in Dolomit vielleicht die einzige, die ſich unzweifelhaft nachweiſen läßt und es iſt daher wohl gerechtfertigt, wenn wir die Erſcheinungen, welche dieſelbe begleiten, kurz zuſammenfaſſen. Sie zeigen uns aber Folgendes: Ein geſchichtetes, unkryſtalliniſches, verſteinerungsreiches Geſtein verwandelt ſich durch Aufnahme eines fremden Stoffes in ein deutlich kryſtalliniſches; Schichtung und Verſteinerungen verſchwinden dabei. Es finden ſich ganz allmähliche Uebergänge von dem urſprünglichen in das veränderte Geſtein, die Umwandlung iſt von oben nach unten nach dem Wege, welchen die atmoſphäriſchen Waſſer nehmen, vor ſich gegangen, ſie iſt ungleichmäßig an verſchiedenen Stellen, bald mehr, bald weniger tief eingedrungen, an manchen Punkten auch gar nicht bemerklich [18]).

4) Der Gyps und Anhydrit. Der Anhydrit beſteht aus waſſerfreiem, der Gyps aus waſſerhaltigem ſchwefelſaurem Kalke und iſt nächſt dem Kochſalze das bei weitem am leichteſten in Waſſer auflösliche Geſtein. Wir haben ſchon einigemale ſchwefelſaure Salze erwähnt, ohne den Urſprung, die Quelle derſelben in den primären Mineralien nachzuweiſen. Die Aufmerkſamkeit der Chemiker war jedoch noch zu wenig auf das Aufſuchen dieſer Säure in den Mineralien gerichtet; wir wiſſen nur, daß ſich ſchwefelſaure Salze, beſonders ſchwefelſaures Natron, Kali und Magneſia in vielen aus kryſtalliniſchen Geſteinen kommenden Quellen finden und Struve hat aus verſchiedenen Phonolithen, Baſalten, Porphyren, Gneißen und Graniten, durch Behandlung derſelben mit kohlenſäurehaltigem Waſſer, ſchwefelſaure Alkalien ausgezogen. G. Biſchof hat durch Verſuche gezeigt, daß in den geſchmolzenen Silicatgeſteinen ſchwefelſaures Natron und Kali und ebenſo ſchwefelſaurer Baryt und Strontian, nicht aber ſchwefelſaurer Kalk und ſchwefelſaure Magneſia neben alkaliſchen Silicaten exiſtiren konnten. Es iſt daher der ſchwefelſaure Kalk ſtets als eine ſecundäre wäſſrige Bildung anzuſehen. Wir kennen verſchiedene Arten, auf die ſich ſchwefelſaurer Kalk bilden konnte: nämlich ähnlich, wie ſich Chlorcalcium mit kohlenſauren Alkalien gegenſeitig zerſetzt, tauſchen auch ſchwefelſaure Alkalien und Chlorcalcium

ihre electronegativen Bestandtheile aus, es bilden sich in Folge der größeren Verwandtschaft des Chlors zu den Alkalimetallen Chloralkalien und schwefelsaurer Kalk. Eine zweite reichliche Quelle zur Entstehung von Gyps bilden Schwefelwasserstoffaushauchungen in Berührung mit Kalksilicaten und kohlensaurem Kalke, wenn Wasserdämpfe zugegen sind, indem sich nämlich der Schwefelwasserstoff unter gewissen Umständen durch den Sauerstoff der Atmosphäre in Schwefelsäure verwandelt, welche die Kohlensäure sehr leicht, schwieriger die Kieselsäure aus ihrer Verbindung mit der Kalkerde austreibt und so die Bildung von Gyps veranlaßt. Die Entstehung des Schwefelwasserstoffes selbst wird durch mancherlei Processe in der Erdrinde vermittelt; sie gehen alle aber darauf hinaus, daß zuerst schwefelsaure Salze mittelst kohlenstoffhaltiger Substanzen zersetzt, d. h. ihres Sauerstoffes beraubt werden, wodurch eine sogenannte Schwefelleber, die Verbindung von reinem unoxydirtem Schwefel mit einem reinen Metalle, sich bildet, die nun in Berührung mit warmen Wasserdämpfen und noch mehr, wenn eine Säure dazu kommt, eine weitere Zersetzung erleidet, in Folge deren sich Schwefelwasserstoffgas entwickelt. Nach G. Bischof ist dieses wohl die häufigste Art der Gypsbildung; sehr selten und nur an den Vulkanen kommt es vor, daß sich schweflige Säure, ein Exhalationsproduct derselben, an der Luft durch Aufnahme von Sauerstoff in Schwefelsäure verwandelt und sich mit der etwa vorhandenen Kalkerde zu Gyps verbindet [19]). Wir haben auf diese Weise die Quellen der Schwefelsäure und die Art ihres Hinzutretens zu der Kalkerde kennen gelernt; sie verbindet sich aber einmal zu einem wasserhaltigen (Gyps), das andre Mal zu einem wasserfreien Salze (Anhydrit). Wir wissen nicht genau, unter welchen Bedingungen sich diese zwei verschiedenen Modificationen bilden, doch kennen wir mehrere Beispiele, wo sich Salze unter verschiedenen Umständen bald mit, bald ohne Wasser aus Auflösungen ausscheiden. Für den schwefelsauren Kalk scheint namentlich die Temperatur und der Druck von wesentlichem Einflusse auf die Aufnahme von Wasser zu sein. Wasserhaltiger Gyps verliert bei 80° R. die Hälfte seines Krystallwassers, d. h. 10,4 %, bei 105,6 verliert er Alles. In einem Dampfkessel setzte sich bei dem Drucke von einigen Atmosphären aus gypshaltigem Wasser schwefelsaurer Kalk mit nur 6,2 % Wassergehalt ab. Es ist daher gar nicht un-

wahrscheinlich, daß schwefelsaurer Kalk auf dem Grunde des Meeres ohne Wassergehalt sich ausscheidet, da bei einer Tiefe von 3000 Fuß dort schon ein Druck von 100 Atmosphären herrschen würde. Der Gyps ist, wie erwähnt, in Wasser sehr leicht löslich, und wechselt daher seine Stelle außerordentlich leicht, giebt daher auch häufig Veranlassung zur Senkung auf ihm liegender Schichten, wenn er unter diesen weggewaschen wird, und zu Erdfällen. Sein Auftreten in Klüften und Spalten, also in Gangform und Adern, wird uns daraus leicht erklärlich, ohne daß wir denselben für ein plutonisches Gestein ansehen. Auch der Gyps giebt Veranlassung zur Bildung von kohlensaurem Kalke, indem Alkalien nnd Magnesia als stärkere Basen dem Gyps die stärkere Säure, Schwefelsäure, entziehen und die schwächere, Kohlensäure, an ihn abgeben. In Beziehung auf die Abscheidung des Gypses und Anhydrites gilt dasselbe, was bei dem Kalke darüber erwähnt wurde, mit Ausnahme der Fixirung durch Organismen; in den Schalen der Seethiere wird kein schwefelsaurer Kalk angetroffen.

5) Das Steinsalz. Seine Eigenschaften, sein Vorkommen u. s. f. wurden schon pag. 379 angegeben. Es gehört zu den, wenn auch nur in geringer Menge vorkommenden, am weitesten verbreiteten Substanzen. Es findet sich fast keine Quelle, welche nicht etwas davon enthielte, und ist in unserem Meerwasser der in größter Menge vorhandene Bestandtheil, in den verschiedenen Oceanen circa 3½% von dem Gewichte des Wassers betragend. In der Nähe von Küsten, in Binnenmeeren, welche viel Flußwasser aufnehmen, sinkt derselbe bis zu 1,19% (Azow'sches Meer). Die Ostsee enthält 1,77, das sehr stark verdunstende mittelländische Meer dagegen in der Nähe von Livorno 4,07%. Untersucht man das eingedampfte Salz, so findet man, daß es vorzugsweise aus Chlornatrium, Chlormagnesium, schwefelsaurem Kalk (Gyps), schwefelsaurer Magnesia und kohlensaurem Kalke besteht. Was die Quelle des Chlors in den primären Gesteinen betrifft, so gilt für diese dasselbe, was für die Schwefelsäure bemerkt wurde; man hat im Ganzen noch wenig darnach gesucht. Jedoch hat Struve dasselbe in Phonolithen, Basalten, Trachyten, Porphyren, Gneißen und Graniten nachgewiesen; und in vielen Glimmern (besonders Magnesiaglimmer) und Hornblenden ist es ein häufig, wenn auch in sehr geringer Menge auftretender Bestandtheil. An welche Basen es auch ge-

bunden sein mag, wenn es durch die Verwitterung mit löslichen Natronsalzen in Berührung kommt, verbindet es sich immer zu Kochsalz. Es ist das Natrium für das Chlor dasselbe wie die Kalkerde für die Kohlensäure, es bilden sich daher als Endresultate der meisten Zersetzungsprocesse und ebenso in dem Meere Chlornatrium und kohlensaurer Kalk, nur wenn noch freies Chlor oder freie, mit anderen Basen nicht verbundene Säuren vorhanden sind, kann die Kalkerde sich mit diesen, oder wenn nicht genug Chlor vorhanden ist, das Natron sich mit andern Säuren verbinden. Zu einem Absatze von Kochsalz konnte es früher und kann es jetzt nur dann kommen, wenn die Meere und Seen nach und nach damit gesättigt sind, und immer mehr Wasser verdunstet. In manchen Binnenseen Asien's, in manchen Vertiefungen am Meeresrande, die nur zeitweise vom Salzwasser angefüllt werden, findet dieses jetzt noch Statt. Würde das mittelländische Meer durch eine Emportreibung des Grundes in der Meerenge von Gibraltar von dem atlantischen Ocean abgesperrt, so würden sich nach und nach Salzmassen ablagern, da dasselbe eine stärkere Verdunstung als Zufuhr durch die Flüsse erleidet. Auch aus diesem würde sich aber zuerst der schwefelsaure Kalk niederschlagen, und auf ihm das Kochsalz; in vielen Steinsalzlagern bildet auch der Gyps die Unterlage des Salzes; doch muß das Verhältniß dieser beiden Substanzen zu einander in jenen Meeren ein anderes gewesen sein, als gegenwärtig; an manchen Orten findet sich der Gyps in größerer Menge, als er aus unseren Meeren, verglichen mit der Menge des Salzes, sich niederschlagen würde. Auch dieses läßt uns einen Schluß auf die ungeheueren Zeiträume ziehen, welche zu seiner Abscheidung nöthig waren. Würde nach und nach das ganze mittelländische Meer verdunsten, so würde sich unter der Voraussetzung, daß es 1000 Fuß tief ist, aus ihm eine nur 1 Fuß dicke Schichte von Salz absetzen. In Wielizcka findet sich aber das Salz selbst in 1200 Fuß mächtigen Ablagerungen! Welche Zeiten muß es gedauert haben, bis die Flüsse jene Salzmassen in das ehemalige Meer dort einführten und bis sich dann dieselben nach und nach absetzten! Ausführlich hat G. Bischof a. a. O. II. Bd. Kap. V. p. 1667 ꝛc. die Verhältnisse des Steinsalzes erörtert.

6) Die Thone. Ein Zersetzungsproduct aller, Thonerdesilicate enthaltenden Gesteine sind die Thone, über die wir schon

das Nöthigste, namentlich in Beziehung auf ihre chemische Zusammensetzung, Kap. XVI. mitgetheilt haben. Als reinsten Thon haben wir das Kaolin kennen gelernt; dieses, wie die übrigen Arten, hat weniger Kieselsäure mit der Thonerde verbunden, als in den Feldspathen von ersterer auf diese kommt; bei der Zersetzung von Feldspathen u. s. f. wird daher ein Theil der Kieselsäure des Thonerdesilicats ausgeschieden. Wir haben oben, pag. 436, gesehen, daß die Alkalien sich selbst mit viermal mehr von dieser Säure verbinden können, als sie in dem Orthoklase haben, und daß sie dann in Wasser löslich sind; es ist also wohl möglich, daß diese aus dem Thonerdesilicat ausgeschiedene Kieselsäure an die Alkalien tritt und mit diesen fortgeht [20]). Die Umwandlung des Feldspathes in Kaolin kann man an sehr vielen Graniten auf das allerschönste verfolgen und alle Uebergänge von der reinen, noch unverändert erscheinenden Feldspathsubstanz in schneeweißes reines Kaolin oft an einem Krystalle wahrnehmen. Es ist daher wahrscheinlich, daß wohl die meisten Thone von zersetzten Feldspathen herrühren und man kann aus der ungeheueren Menge derselben einen Schluß ziehen auf die großen Massen zersetzter primärer Gebirgsarten und daraus wieder auf die langen Zeiträume, welche dazu nöthig waren. Diese Thonerdesilicate gehören zu denjenigen Substanzen, welche durch die Atmosphärilien keiner weiteren Umänderung fähig sind; die Kohlensäure verbindet sich nicht mit der Thonerde, sie werden daher nicht zersetzt, sie lösen sich im Wasser nicht auf *), werden daher auch nur mechanisch von demselben fortgeführt. Ihre feine Zertheilung macht, daß sie außerordentlich langsam sich zu Boden setzen, und daher außerordentlich weit fortgeführt werden können. Sie finden sich daher, wenn auch nur in äußerst geringen Mengen, fast in allen sedimentären Gebilden, in Sand- und Kalksteinen diesen beigemengt. Die übrigen in Thonen angetroffenen chemischen Bestandtheile, sowie die mechanisch in ihnen eingeschlossenen Körner und Fragmente lassen sich wohl leicht aus ihrem Ursprunge erklären, namentlich gilt dies von dem Kaligehalte, der vielen eigen ist, von dem Kalkcarbonat, Eisenoxydhydrat u. s. f. Eine unvollkommene Zersetzung der Feldspathe, die ja Kali, Kalk und Eisen

*) Nach G. Bischof löste sich von künstlich dargestelltem Thonerdesilicat im Mittel in 250000 Theilen Wasser nur 1 Theil auf (a. a. O. I. 802).

enthalten, oder unvollkommene Fortführung der Zersetzungsproducte macht diese Beimengungen leicht begreiflich. In den Thonen, die, selbst fortgeführt, nicht mehr auf ihrer ursprünglichen Lagerstätte sind, mögen sie sich theils mechanisch, theils chemisch aus dem Wasser, aus welchem jene sich niederschlugen, abgesetzt haben.

7) Die Thonschiefer. Die allgemeinen Verhältnisse derselben, das Schwankende in ihrer chemischen Zusammensetzung und die Unsicherheit über ihre mineralogische Constitution haben wir schon früher besprochen. Ihre physikalische Beschaffenheit, ihre deutliche Schichtung, ihre organischen Einschlüsse lassen sie als ein unzweifelhaft aus dem Wasser gebildetes Gestein erkennen. Man sieht sie im Allgemeinen für den ältesten Urschlamm an, der die ersten Zersetzungsproducte der frühesten Meere enthält, und daher hauptsächlich aus Thonerdesilicat und freier Kieselsäure gebildet ist, und viele Glimmerblättchen einschließt, und glaubt, daß sie größtentheils mechanisch in jenem Meere verbreitete Massen der von den Wassern bearbeiteten Gesteine darstellen. Wie die Thone selbst, enthalten sie auch viele fremde Bestandtheile eingemengt, die sich, wie bei jenen, aus ihrem Ursprunge erklären lassen. Nach den Untersuchungen G. Bischof's, a. a. O. II. p. 1578, 1591 ꝛc., haben die mechanisch fortgeführten feinen Schlammtheilchen mancher Flüsse dieselbe Zusammensetzung wie manche Thonschiefer.

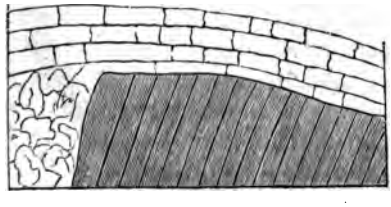
Die bisher betrachteten Gebirgsarten sind nun die einzigen, für welche gegenwärtig allgemein angenommen wird, daß sie aus dem Wasser sich in dem Zustande niedergeschlagen haben, wie wir sie jetzt vor uns sehen, daß sie nicht durch spätere Umwandlungsprocesse das geworden sind, als was sie uns jetzt erscheinen. In dem Dolomit, dem Gyps, und dem Serpentin haben wir jedoch schon Gesteine kennen gelernt, die zuweilen aus der Umänderung anderer, früher an ihrer Stelle sich befindender, entstanden sind. An diese schließt sich nun eine Reihe von Gesteinen an, für welche eine große Anzahl von Geologen nur einen derartigen Ursprung beanspruchen, die nur aus der Umwandlung anderer, durch Aufnahme und Austausch von Stoffen, sich gebildet haben sollen. Man hat diese als s. g. metamorphische Gesteine von den plutonischen, wie von den neptunischen getrennt. Manche rechnen mehr, manche weniger zu denselben. Es sind hauptsächlich Glimmerschiefer, Talk und Chloritschiefer, überhaupt die krystallinischen Schiefer und

der Gneiß, an die sich andere Gesteine anreihen, die wir später betrachten werden. Wenn wir von der Umwandlung eines Gesteines sprechen, und dieselbe annehmen wollen, so müssen wir vor Allem das unveränderte frühere Gestein, die Erscheinungen, welche für eine Metamorphose desselben sprechen, und die Vorgänge nachweisen können, durch welche jenes frühere in ein anderes sich verwandelt habe. Für die erwähnten Gesteine ist es nun gewöhnlich der Thonschiefer, welcher als das primäre Gebilde angegeben wird; die Erscheinungen, welche für die Umänderung desselben sprechen sollen, sind ganz allmähliche Uebergänge von dem Thonschiefer in den Glimmerschiefer, Gneiß und die übrigen Schiefer und zwar nicht nur von oben nach unten in verschiedenen Schichten, sondern auch innerhalb ein und derselben Schichte des Thonschiefers. Man hat in früheren Zeiten das Hervorbrechen des Granites zwischen den Thonschiefern, überhaupt hohe Hitzegrade als die Ursache der Umwandlung des Thonschiefers in diese Gebilde, welche also hauptsächlich nur in einer Umkrystallisiruug seiner Masse bestehen sollte, angegeben, und sich dabei auf viele analoge Erscheinungen im Kleinen bei physikalischen Experimenten und an Vulkanen bezogen. Die Unhaltbarkeit dieser Theorie in Beziehung auf ganze Gebirgsmassen hat G. Bischof und Naumann mit so schlagenden Gründen dargethan, daß wir nicht weiter uns auf die Widerlegung derselben hier einlassen wollen; die plutonische Umwandlungstheorie ist durch sie dahin, wo sie hingehört, in das Reich des Pluto, d. h. der Todten, verwiesen worden [21]). Es bleibt uns daher nur noch die Umwandlung auf nassem Wege durch die circulirenden Gewässer übrig. Hier ist es nun freilich eine sehr leichte Sache, auszurechnen, wie ein Gestein von einer bestimmten Zusammensetzung durch Wasser, welches die und die Bestandtheile enthält, in Glimmerschiefer, in Gneiß und in alles Mögliche umgewandelt werden kann. Man kann aber ein sehr guter Rechner sein, und macht doch manchmal die Rechnung ohne den Wirth; es kommt ganz allein darauf an, ob sich dieser, in unserem Falle die Natur, dazu bekennen will. Ich glaube, wir sind in vielen Fällen noch nicht so weit, dies bestimmen zu können. Es sind uns gerade durch G. Bischof die entschiedensten Beweise geliefert worden, daß sich alle in den krystallinischen Gesteinen befindlichen Mineralien durch das Wasser neu bilden, daß alle namentlich durch

heißes Wasser aufgelöst und fortgeführt werden können. Es steht daher durchaus nichts der Annahme entgegen, daß diese s. g. metamorphischen Gebilde unmittelbar aus dem früheren Meere sich niedergeschlagen haben. Die in Rede stehenden Gesteine gehören in der Regel zu den allerältesten, gewöhnlich liegt auf dem Gneiße Glimmerschiefer und dann kommt Thonschiefer und in dieser Reihenfolge wechseln sie an manchen Orten (wie in dem pag. 409 mitgetheilten Beispiele von Brasilien) häufig mit einander ab. War die Erde eine geschmolzene Masse, war das Wasser als heißer Dampf in der Luft, so begreifen wir wohl, wie durch dasselbe im Anfange ganz andere Zersetzungsproducte aus der erstarrten Erdrinde entstehen mußten, als später, indem mit heißem Wasser die Kohlensäure und der Sauerstoff sich nicht verbindet. Es erklärt sich daraus, warum die frühesten Gebilde Silicate sind und warum in etwas größerer Menge erst viel später sich kohlensaure Verbindungen abschieden. Wir brauchen auch in diesem Falle nichts weiter, als sehr lange Zeiträume; daß diese aber wirklich zur Bildung jedes Gesteines nöthig sind und auch vorhanden waren, dafür sprechen alle Umstände. Jedenfalls wird man nicht mehr Zeit anzunehmen brauchen zur langsamen krystallinischen Ausscheidung von Gneiß und Glimmerschiefer, als wenn man diese Gebilde erst Thonschiefer und diesen durch allmähliche Durchdringung vom Wasser nach und nach metamorphosirt werden läßt. Wir wollen damit nicht behaupten, daß nie Thonschiefer zu Gneiß und Glimmerschiefer sich umgewandelt habe, sondern nur, daß diese Gesteine in sehr vielen, ja den meisten Fällen ursprüngliche wässerige Gebilde seien. Es kommt daher auch bei dieser Gelegenheit wieder auf eine genaue Untersuchung der Erscheinungen jedes einzelnen Falles an, ob sie für eine Umwandlung des Thonschiefers oder eines beliebigen anderen Gesteines sprechen, ob sie uns eine solche anzunehmen zwingen. „Es muß", sagt v. Dechen ganz richtig, „in der Geognosie als Grundsatz festgehalten werden, nur aus solchen Erscheinungen Schlüsse zu ziehen, die völlig klar und bestimmt sind, die keinem Zweifel Raum geben, die sich oft und überall wiederholen und so von vielen Punkten her immer dasselbe bestätigen. Dagegen aus Erscheinungen, welche zweifelhaft, unbestimmt, unsicher und vielen Deutungen unterworfen sind, lassen sich keine Schwierigkeiten gegen wohl begründete Ansichten erheben, keine Schlüsse

ziehen, die weiter greifen und sich im Gebiete der Wissenschaft einen Einfluß verschaffen können" (G. Bischof). Wenden wir diese Grundsätze nun auf die Beurtheilung der Entstehung der krystallinischen geschichteten und schiefrigen Silicatgesteine an, so werden wir wohl nicht in dem Maaße, als es G. Bischof will, unsere Zuflucht zur Umwandlungstheorie nehmen. Völlig klar und bestimmt sind nur die Erscheinungen, welche uns erkennen lassen, daß Glimmerschiefer und Gneiß entschieden sedimentäre, entschieden nicht metamorphische Gebilde sind; viel weniger klar sind die, aus welchen man ihre Entstehung aus umgewandeltem Thonschiefer zu erschließen sucht. Wenn sich Thonschiefer in Gneiß oder Glimmerschiefer umwandeln soll, so kann dieses nach Bischof selbst nur durch Aufnahme von Kali geschehen. Wir wollen nun annehmen, es sei dieses bei manchen nicht nöthig, es sei nur eine einfache Umkrystallisirung durch Wasser nöthig gewesen. Nun nimmt aber das Wasser von oben nach unten seinen Weg und durchdringt nie vollkommen gleichmäßig alle Stellen eines Gesteines. Man müßte daher Thonschiefermassen finden, welche von oben nach unten allmählich diese Umwandlung erlitten hätten, oben vollkommener Gneiß, unten unveränderter Thonschiefer wären, man müßte Thonschiefer antreffen, in denen diese Umwandlung ungleichmäßig von Statten gegangen, an verschiedenen Stellen sich verschieden weit vorgeschritten zeigt, wenn man sichere Schlüsse auf eine Metamorphose ziehen wollte, wie es z. B. bei der Umwandlung des Kalksteines in Dolomit, bei der des Anhydrites in Gyps wirklich der Fall ist. Dies findet man aber nirgends, sondern im Gegentheil ist fast immer der Gneiß unter dem Thonschiefer, und durch sehr scharfe Grenzen von demselben abgesondert, und eben deswegen glaubte man früher, durch Einwirkung der Hitze von unten her seien die untersten Schichten des Thonschiefer umgewandelt. So lange man aber derartige, sicher eine Umwandlung anzeigende Erscheinungen nicht findet und überall, wo man sie nicht findet, ist es daher nach den von Dechen ausgesprochenen Grundsätzen gerathener, eine ursprüngliche Bildung dieser Gesteine anzunehmen. Wie diese geschichteten Gebirgsarten hat man auch viele ungeschichtete krystallinische als Umwandlungs-Gebilde angesehen, Bischof spricht von metamorphischen Graniten, Syeniten, Hornblendegesteinen u. s. f. Namentlich die gang-, aber- und lagerförmig in geringer Menge

auftretenden geringeren Massen dieser Gesteine sollen auf diese Weise entstanden sein. Wir können die Möglichkeit einer solchen Bildung ebenfalls für diese zugestehen; treten sie wirklich unter Verhältnissen auf, welche die Annahme einer eruptiven Bildung, eines Eindringens in flüssigem, geschmolzenem Zustande nicht zulassen, worüber wir pag. 406 ff. gesprochen, so müssen wir auch für sie eine wässerige Bildung annehmen; doch möchte es auch hier in vielen Fällen gerathener sein, eine ursprüngliche Infiltrationsbildung in Spalten, als eine so partielle Umwandlung anzunehmen. Ein verhältnißmäßig schmaler, manchmal meilenweit fortgehender Gang mit sehr scharfen Grenzen gegen das Nebengestein führt gewiß eher auf die Vermuthung, daß wir es mit einer Spalte zu thun haben, welche später ausgefüllt wurde, als daß das Wasser auf diesem Wege das Nebengestein durchdrungen und verändert habe, ohne irgendwo Uebergänge erkennen zu lassen. Für Ausfüllungen von Spalten mit einer Masse haben wir wohl Beispiele genug, aber für derartige auf schmale, ganz scharf begrenzte Räume beschränkte Umwandlungsprocesse kein einziges sicheres. Wo wir hingegen derartige gangförmig auftretende Massen sich allmählich in das Nebengestein verlieren sehen, mögen immerhin dieselben aus einer Metamorphose dieses entstanden gedacht werden. Auch hier kann die Art und Weise des Auftretens und des Verhaltens der beiden Massen oft zu Gunsten der einen oder anderen Entstehungsweise sprechen, und die Nichtbeachtung derselben kann zu entschieden unrichtigen Annahmen verleiten, wie dies einige Male sogar G. Bischof in seiner Vorliebe für die Metamorphosen begegnet ist. Nur ein Beispiel davon: Nach G. Rose finden sich am Ufer des Yrtisch Granitgänge, welche fast senkrecht stehende Thonschiefermassen durchsetzen und sich über ihnen in sehr deutlich horizontalen, oder, bei geneigter Oberfläche des Thonschiefers, etwas geneigten Lagen abgesondert haben, wie es die nebenstehende Figur darstellt, die Grenzen zwischen beiden Gesteinen sind auch in diesem Falle sehr scharf. Wie ist es möglich, hier die horizontalen Lagen aus den steilen Thonschieferschichten



durch einfache Umwandlungsproceſſe des ſie durchdringenden Waſſers ſich entſtanden zu denken? Entweder iſt hier der Granit aus der Tiefe emporgequollen und hat ſich über den Thonſchiefer ausgebreitet, oder ſeine Bildung iſt wie die anderer Granite auch eine urſprüngliche wäſſerige, aber aus dem Thonſchiefer hat er ſich in ſolchen Fällen gewiß nicht gebildet[22]).

Ich wiederhole zum Schluſſe dieſes Kapitels, was ich am Anfange desſelben ſchon bemerkte: ich bin weit entfernt, die wichtige Frage nach der Entſtehung der Geſteine in allen Fällen für eine bereits erledigte zu halten; doch, glaube ich, wird auch in dieſer Beziehung der alte Spruch ſich bewahrheiten, daß die Natur Gleiches auf verſchiedene Weiſe bildet. Durch die Lehre von der Metamorphoſe der Mineralien iſt ein neues, weites Feld der Thätigkeit eröffnet, neue Geſichtspunkte aufgeſtellt worden, welche gewiß noch zu ſehr erſprießlichen Reſultaten führen werden. Gegenwärtig iſt jedoch die Anwendung derſelben auf ganze Gebirge noch eine ſehr unſichere; es liegen, wie geſagt, wohl Beweiſe für metamorphoſirte Mineralien, aber noch ſehr wenige für gleichmäßige Umwandlung einer großen Gebirgsmaſſe in ein anderes Geſtein vor. Zukünftige, in dieſer Abſicht unternommene Forſchungen werden entweder ſichere Beweiſe noch liefern, oder dieſe Theorie als eine unhaltbare darſtellen.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum siebenzehnten Kapitel.

[1]) zu S. 420. Im Allgemeinen nimmt die Regenmenge von den Küsten gegen das Innere eines Landes zu ab; auf den Bergen ist sie ebenso in der Regel beträchtlicher, als auf den Ebenen; die dem Aequator zugekehrte Seite der Gebirge regenreicher, als die Polarabhänge, indem eben die wärmere feuchte Luft an den Abhängen sich leichter verdichtet, wie der Hauch an einer kalten Fensterscheibe, und daher die Luft schon viel weniger feucht auf der anderen Seite des Gebirges ankommt. Während südlich vom Himalajah die regenreichsten Gegenden sind, regnet es auf dem Hochlande von Centralasien gar nie. Sandige, steinige, der Sonne sehr ausgesetzte Gegenden haben gar keinen Regen, es schlägt sich nur bei Nacht etwas Feuchtigkeit als Thau nieder. So ist es in der Sahara, dem Hochlande von Iran und der Wüste Gobi. Es würde zu weit führen, auf alle derartigen, die Regenmenge modificirenden Einflüsse einzugehen, die angeführten mögen als Beispiele dafür genügen, wozu die folgenden Angaben noch mehrere enthalten.

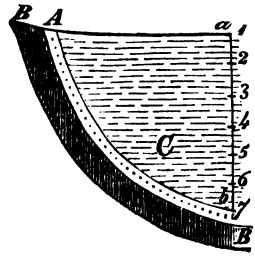
[2]) zu S. 420. Nach Berghaus hat die mittlere jährliche Regenmenge in den verschiedenen Gebieten und an verschiedenen Punkten folgende Werthe:

| Alte Welt. | p. Zoll. |
|---|---|
| Mittel der Tropengegend ... | 72 |
| In Europa zwischen 36° und 60° nördlicher Breite .... | 32 |
| Maximum der Tropen ..... | 283 |
| Minimum der Tropen (Delhi) . | 22 |
| Maximum v. Europa (Coimbra) | 211 |
| Minimum von Europa (Madrid) | 9½ |
| Südliches Deutschland ..... | 25,00 |
| Mittel- und Norddeutschland . . | 19,11 |
| Ungarische Ebene ..... | 16,00 |
| Jekaterinburg (Ural) ..... | 13,00 |
| Südabhang der Alpen ..... | 54,03 |
| Nordabhang der Alpen ..... | 33,11 |
| Westküste Skandinavien's .... | 77,07 |
| Süd-Ireland ..... | 35,00 |

| Neue Welt. | p. Zoll. |
|---|---|
| Mittel der Tropengegend ... | 108 |
| In Nordamerika zwischen 24½° und 45° nördlicher Breite . | 37 |
| Maximum der Tropen (Brasilien, San Louis de Maranhao) 2½° südlicher Breite .... | 259,69 |
| Minimum der Tropen (Cumana) | 7 |

[3]) zu S. 420. Wo eine rasche Verdampfung des Wassers Statt findet, werden jedoch immerhin, wenn auch noch so geringe Mengen, von den aufgelösten Substanzen von den Dämpfen mit fortgerissen; das Regenwasser enthält auch einige Spuren fester Substanzen, die wahrscheinlich auf demselben Wege mit in die Luft gekommen sind und mit ihm wieder auf den Boden zurück. Barral fand jedoch 1851 in einem Kubikmeter Regenwasser nur 8 Gramme fester Massen, also nicht einmal ganz $^1/_{1000}$ %!

[4]) zu S. 421. In dem angegebenen Werke Bischof's I. p. 243—352 sind die Verhältnisse der Kohlensäure zu den Quellen sehr ausführlich erörtert. Wir entnehmen diesem Abschnitte die folgenden Data. Namentlich im Bereiche vulkanischer Thätigkeit entwickeln sich außerordentliche Mengen von Kohlensäure, was wir als den letzten Rest dieser Kraft kennen gelernt haben. Kommt dieses Gas in den Spalten der Erde mit Wasser in Verbindung, so wird es absorbirt und zwar in um so größerer Menge, je tiefer unter der Oberfläche dies geschieht, weil der Druck der Wassersäule, welche über jenem tieferen Theil steht, die unteren Parthieen derselben mehr Kohlensäure aufnehmen läßt. Es sei z. B. A eine zerklüftete, von Wasser durchzogene Schichte, welche von den wasserdichten Massen B und C eingeschlossen ist, und es komme dieses Wasser mit Kohlensäure bei 7 in



Berührung. Es sei nun a b 192 Fuß tief, und wir denken uns dasselbe in 6 gleiche Theile zu 32 Fuß getheilt, so übt jeder solche Theil, mit Wasser gefüllt, denselben Druck aus wie eine Atmosphäre. Bei 2 ist also der Druck gleich zwei Atmosphären, bei 7 also siebenmal so stark, wie bei 1, wo er der gewöhnliche einfache Atmosphärendruck ist. Bei b wird daher das Wasser, in Folge des siebenfach stärkeren Druckes, das Fünffache von Kohlensäure aufnehmen, und wenn es nun in dem Kanale a b emporsteigt, immer mehr und mehr nach der Verringerung des Druckes davon entweichen lassen. Je rascher das Emporsteigen erfolgt, desto rascher wird dieses auch geschehen müssen und das heftige Ausströmen dieses Gases aus manchen Mineralquellen läßt sich auf diese Weise leicht erklären. Selten enthält eine Quelle so viel Kohlensäure, als sie in großen Tiefen aufnehmen könnte. Nach G. Bischof beträgt die Menge des aus dem schon öfter erwähnten Bohrloche von Neusalzwerk ausströmenden Wassers in einer Minute 60 Kubikfuß, während nur 3 Kubikfuß Kohlensäure sich aus demselben entwickeln. Das Wasser selbst enthält bei seinem Austritte noch 0,722, also fast $^3/_4$ seines Volumens von Kohlensäure absorbirt. Die frei entweichende Kohlensäure beträgt $1^1/_2$ Millionen Kubikfuß jährlich, die von dem Wasser fortgeführte $24^1/_4$ Millionen. Nach Bunsen entströmen der Rauheimer Quelle jährlich circa 8 Millionen Kubikfuß, d. i. ungefähr 10000 Centner Kohlensäure. Viel ärmer daran sind die in nicht vulkanischen Gegenden aus sedimentären Gebilden zum Vorschein kommenden Quellen, und das Wasser jedes Senkbrunnens und das unserer Flüsse. Für diese möchten wohl die überall in den sedimentären Gebilden und der Dammerde noch vor sich gehenden Fäulnißprocesse, vermittelt durch die in denselben enthaltenen organischen Reste, die hauptsächlichste Quelle der Kohlensäure sein. Der mit dem atmosphärischen Wasser zu denselben dringende Sauerstoff erleichtert jene Processe und erhöht die Bildung der Kohlensäure unter jenen Fäulnißproducten. Daß dieses wirklich der Fall sei, dafür spricht der Umstand, daß manche solche Wasser Stickstoff und Sauerstoff nicht mehr in dem Verhältnisse enthalten, wie sie in der atmosphärischen Luft sich finden, sondern viel weniger Sauerstoff, eben weil dieser mit dem Kohlenstoffe jener organischen Substanzen im Fäulnißproceß zusammengetreten ist und Kohlensäure gebildet hat.

5) zu S. 424. Wer einmal einen Fluß nahe seinem Ursprunge im Gebirge sah, hat gewiß die ungeheueren Blöcke und Schuttmassen angestaunt, welche man in dem Bette desselben findet. Die fortdauernde Verwitterung der Felsenmassen, die überall von Sprüngen und Rissen durchzogen sind, bringt stets Stücke derselben zum Herabstürzen in die Wildbäche, die, an den Felsen vorbeiströmend, ihren Fuß unterminiren und dieselben endlich zum Einsturze bringen. Bei dem steilen, oft lauter kleine Wasserfälle darstellenden Bette der Gebirgsbäche ist die Schnelligkeit des Wassers außerordentlich groß. Wenn nun auch die Masse desselben im Frühjahre oder Herbst durch Schmelzen des Schnees und den Regen bedeutend vermehrt wird, so werden selbst die größten Blöcke weit hinabgerollt. In ihrem eilenden Laufe aneinander gestoßen, verkleinern sie sich gegenseitig fortwährend und runden sich aneinander ab, daher man nur in den obersten Gegenden des Laufes eines Flusses scharfkantige Fragmente von Gebirgsarten findet. Wo das Gefälle des Flusses weniger steil wird, bleiben nun diese Blöcke und abgerundeten s. g. Rollsteine liegen, eine wahre Musterkarte aller der Gesteine bildend, mit welchem der Bach in seinem obersten Laufe in Berührung kommt. Ist der Uebergang von einem sehr starken Gefälle zu geringerem sehr rasch, so entstehen an dieser Stelle die s. g. Schuttkegel, die wir als Deltas von sehr starker Neigung und aus groben Massen gebildet ansehen können. Sie finden sich namentlich in den Hochgebirgen an der Einmündungsstelle von Bächen aus höher gelegenen Seitenthälern in ein Hauptthal sehr häufig, und haben meist eine Neigung von 5—10°, manchmal selbst von 16°. An den schroffen Abhängen der Berge bilden die durch die Verwitterung herabgestürzten Massen ebenfalls oft solche kegelförmige Anhäufungen, die man wohl auch mit als Schuttkegel aufführt. Diese haben jedoch meist eine viel stärkere Neigung, von 35° im

Durchschnitte. Naumann nennt erstere Schwemmkegel, diese letzteren dagegen Sturzkegel. Um einen Anhaltspunkt für die Beurtheilung der Neigungsverhältnisse der Flüsse und der Kraft, welche sie vermöge ihrer davon abhängigen Stromgeschwindigkeit ausüben, zu haben, mögen hier einige Angaben von E. de Beaumont folgen. Es hat

| | Fall in Fußen, | in Graden ꝛc. | |
|---|---|---|---|
| Rhone von Arles bis zum Hafen von Bouc | 1 auf 25000 | —0—′ 8″ | |
| Saone zwischen Chalons und Lyon . . | 1 „ 20000 | —0—′ 10″ | |
| Rhein bei der Mündung der Lauter (Elsaß) | 1 „ 2500 | —0 1′ 21″ | |
| Rhein bei Basel . . . . . | 1 „ 1000 | —0 3′ 19″ | Gränze der Schiffbarkeit. |
| Arve oberhalb St. Martin in Savoyen | 1 „ 119 | —0 29′ —″ | kopfgroße Kiesel bleiben liegen. |
| Arve bei Argentière (Chamouni) . . . | 1 „ 41,8 | 1 0 29′ —″ | rollt Blöcke von 2 Fuß Durchmesser. |
| Bach des Gletschers von la Tour . . . | 1 „ 11 | 5 0 14′ —″ | bildet keine zusammenhängende Masse mehr. |

Die Neigung der meisten Flüsse in ihrem Unterlaufe beträgt nur ein Paar Secunden, ihre Schnelligkeit beträgt dann 3—5 Zoll in der Secunde. In ihrem Mittellaufe beträgt das Gefälle einige Minuten, ihre Schnelligkeit ist dann 6—10 Zoll in der Secunde. Man hat gefunden, daß feiner Schlamm liegen bleibt bei einer Geschwindigkeit eines Stromes von 3 Zoll für die Secunde, feiner Sand bei 6 Zoll, grober und eckiger Sand bei 8 Zoll, abgerundete gerollte Kiesel von 1 Zoll Durchmesser bei 2 Fuß, eckige, eigroße Kiesel bei 3 Fuß Stromgeschwindigkeit. (Vogt's Lehrbuch der Geologie und Petrefaktenkunde II. p. 32.) Wenn Dämme, künstliche oder natürliche, plötzlich reißen, erlangt das Wasser oft eine ungeheuere Schnelligkeit und übt dann ganz erstaunliche Wirkungen aus. Eines der bekanntesten Beispiele hiefür lieferte die Ueberschwemmung des Bagnethales 1818. Ein Theil des Getrozgletscher war dort im Winter in das Thal gestürzt und hatte die Dranse dadurch zu einem theilweise 200 Fuß tiefen See aufgedämmt. Im Sommer gab endlich der Eisdamm nach, durch den man schon früher, um den See abzulassen, einen 700 Fuß langen Kanal gebrochen hatte, und nun stürzte die noch übrige Wassermasse mit unglaublicher Eile, Bäume, Felsen und Häuser mit fortreißend, thalabwärts. Sie hatte anfangs eine Schnelligkeit von 33 Fuß in der Secunde und wälzte Blöcke von dem Umfange eines ganzen Hauses mit sich fort. (Lyell, a. a. O. II. 56.) Für das Fortschaffen der in dem Oberlauf eines Flusses losgerissenen Massen auf größere Entfernungen ist es von Wichtigkeit, ob derselben einen oder mehrere Seen zu durchströmen hat. Wenn solches der Fall ist, so klärt sich in diesen Becken das Wasser des Flusses, die gröberen und die feineren Massen sinken allmählich zu Boden und der Fluß tritt klar und ohne Gerölle mit sich zu nehmen aus demselben heraus. Der Bodensee für den Rhein, der Genfer See für die Rhone, die großen nordamerikanischen Seen für den Lorenzstrom sind solche Abklärungsbecken. An der Einmündungsstelle in einen See bilden sich ebenfalls Deltas, und viele kleinere der ersteren sind nachweisbar durch Gebirgsflüsse bereits ganz ausgefüllt worden. — Das Forttragen des zerkleinerten Gesteines durch das Wasser wird dadurch besonders erleichtert, daß diese selbst im Wasser bedeutend an Gewicht verlieren, daß daher schon eine geringere Kraft hinreicht, sie im Wasser, als auf dem Lande zu bewegen. Das specifische Gewicht der meisten Gesteine ist durchschnittlich etwa $2\frac{1}{2}$mal so groß, als das des reinen Wassers. Ein Stein von 25 ℔ wiegt aber unter dieser Voraussetzung nur 15 ℔ im Wasser. Dieselbe Kraft, die nöthig ist, in der Luft einen Stein von 15 ℔ Schwere zu bewegen, reicht daher hin, im Wasser einen gleichen von 25 ℔ Schwere fortzuschaffen. Es fällt daher auch ein Stein oder Sandkörnchen viel langsamer im Wasser zu Boden, als in der Luft und daher ist es erklärlich,

warum namentlich feine Schlammtheilchen, feiner Lehm so langsam zu Boden sinkt, dadurch getrübtes Wasser so langsam wieder klar wird. Rührt man z. B. in einem hohen Gefäße Wasser und feinen Lehm durcheinander, so dauert es eine Stunde, bis jenes einen Fuß tief von der Oberfläche aus vollkommen klar geworden ist. Wir werden darauf bei der Vertheilung der Massen durch die Meeresströmungen noch einmal zurückkommen.

6) zu S. 425. Namentlich ist es das Delta des Nils, über welches genauere Nachrichten vorhanden sind, und ebenso geben die verschiedenen alten Bauwerke der Aegypter Anhaltspunkte, die Anschwemmungen dieses Stromes zu bestimmen. Nach Homer war Pharos eine Insel, die eine Tagfahrt weit von dem Festlande entfernt lag, gegenwärtig ist sie hart an der jetzigen Küste gelegen und mit ihr durch einen künstlichen Damm verbunden; Damiette, zur Zeit der Landung der Kreuzfahrer in Aegypten an der Mündung des einen Nilarmes, liegt jetzt eine Stunde landeinwärts. Man hat nach der Dicke des Nilschlammes, welcher sich um die Ruinen Theben's abgelagert hat, berechnet, daß der Boden dort in einem Jahrhundert um circa 4½ Pariser Zoll sich erhöhe; je weiter man thalabwärts gelangt, desto geringer wird die Dicke dieser Ablagerungen, theils weil das Thal sich erweitert, die Wasser also mit ihrem Schlamme sich über einen größeren Raum ausbreiten, theils weil die gröberen Massen schon weiter oben abgelagert wurden. Das ganze Delta besteht gegenwärtig bis zu einer Tiefe von circa 46 Fuß aus äußerst dünnen, oft kaum die Dicke eines Kartenblattes erreichenden Schichten dieses Nilschlammes. — Zu verschiedenen Jahreszeiten und an den verschiedenen Orten ihres Laufes enthalten die Flüsse sehr verschiedene Mengen von mechanisch in ihnen fortgeführten, in ihrem Wasser schwebenden Bestandtheilen. Der mittlere jährliche Betrag der festen Bestandtheile des Mississippi beträgt nach Riddell auf 100000 Gewichtstheile 80,32 — dagegen führt der Rhein bei Bonn nur 31,02 als Maximum und 1,73 als Minimum,. die Maas im Dezember 1849 als Maximum 47,4, als Minimum 1,1, im Mittel 10 mit sich fort. — Namentlich die schwebenden Theile des Rheines haben in ihrer Zusammensetzung große Aehnlichkeit mit manchen Dachschiefern. Die anorganischen Theile desselben bestehen nämlich in 100 Theilen aus 66,20 % Kieselsäure, 12,35 Thonerde, 16,56 Eisenoxyd, 3,14 Kalkerde, 0,28 Magnesia, 1,02 Kali, 0,45 Natron. — Es kommt natürlich bei diesen Bestandtheilen sehr viel darauf an, ob ein Fluß vorher durch einen See fließt, in dem er eine große Menge von solchen mechanisch mit fortgerissenen Substanzen absetzen kann, wie z. B. der Rhein es im Bodensee thut, und durch welche Gebirge er hindurchströmt. In den aus dem Rhein im Bodensee niedergefallenen schwebenden Theilen waren z. B. 30 % aus kohlensaurem Kalk gebildet, während sich bei Bonn nichts mehr davon findet. (Bischof, a. a. O. II. p. 1575 ff.)

7) zu S. 426. In dem schon bei den vulkanischen Erscheinungen erwähnten Werke von v. Hoff, „Geschichte der natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche", finden sich für alle Küsten die hierher gehörigen Beispiele gesammelt. Wir begnügen uns mit den oben angeführten und verweisen auf dieses mit seltenem Fleiße und großer Gründlichkeit verfaßte Buch alle Diejenigen, welche über diese historisch nachweisbaren Veränderungen in dem Verhältnisse zwischen Land und Meer sich näher unterrichten wollen.

8) zu S. 426. Die Meeresströmungen werden durch sehr verschiedene zusammenwirkende Ursachen erzeugt, die hauptsächlichsten sind die beiden folgenden: 1) Die regelmäßig wehenden Winde, die s. g. Passatwinde und Monsune, welche zunächst der Oberfläche des Wassers eine Bewegung, ihrer eigenen Richtung entsprechend, mittheilen, die sich nach und nach auch in die Tiefe fortpflanzt. 2) Ungleichheit in der Temperatur und Verdunstung des Meerwassers. Meere, die wärmer sind, stärker verdunsten, erhalten einen Zufluß von solchen, welche dieses weniger stark zeigen. Daher kommen Ströme aus den Polarmeeren gegen die Aequatorialmeere, Ströme aus dem atlantischen Ocean und dem schwarzen Meere in das stark verdunstende mittelländische. Diese Strömungen werden nun durch die Configuration der Continente sowohl, wie durch

die des Meeresgrundes oft bedeutend modificirt. Die hauptsächlichsten und am besten in ihren verschiedenen Verhältnissen bekannten, sind die Ströme des atlantischen Oceans, über welche wir eine sehr genaue Schilderung von Rennell haben „an investigation of the currents of the atlantic Ocean etc.“, aus der wir noch einige Data hier mittheilen wollen. Am Cap der guten Hoffnung macht sich eine sehr bedeutende, aus dem indischen Oceane herüberkommende Strömung, der s. g. Capstrom, bemerklich, welcher um Afrika herum längs der Westküste bis Angola verläuft, und von dort an als Aequatorialströmung gegen das Cap Roque nach Brasilien sich hinbewegt. Den einen Arm haben wir schon im Texte verfolgt, der andere läuft an der Küste Brasilien's nach Süden, wo er bis zu dem Cap Hoorn bemerkbar bleibt, und ist von dort an, dem Südpolarstrom begegnend, als ein schwacher Verbindungsstrom des atlantischen Stromes gegen den indischen Ocean bemerklich, so daß dieser Theil einen vollen Kreislauf vom Cap in der eben geschilderten Weise bis wieder zu demselben zurück vollendet. — Der Golfstrom hat an verschiedenen Stellen sehr verschiedene Schnelligkeit und verschiedene Breite. Am Anfange macht er täglich durchschnittlich 50 geogr. Meilen, in manchen Monaten ist dieselbe schneller als in anderen, im Monate August wurde an seiner engsten Stelle selbst eine Schnelligkeit von 120 geogr. Meilen in 24 Stunden beobachtet, bis zum Cap Hatteras dann täglich 20 bis 24 Meilen, die letzten 1200 Meilen legt er nur 12 Meilen zurück. Am Cap Hatteras beträgt seine Breite 30 geogr. Meilen, bei Halifax dagegen zwischen 60 und 100 geogr. Meilen. Von dem Nordpolarstrom gedrängt, biegt er sich dort nach Osten um und verliert sich allmählich im atlantischen Oceane, doch macht sich sein Einfluß bisweilen noch bis an die europäischen Küsten bemerklich, namentlich durch die Erhöhung der Temperatur, die seine warmen Wassermassen, welche in seinem westöstlichen Laufe vom Mai bis November noch um 4—5° C. die des umgebenden Oceanes übertreffen, veranlassen. — Auf ähnliche Weise lassen sich auch die kalten Polarströme weit herauf gegen den Aequator zu durch ihre erkältenden Wirkungen und die fortgeführten Eis- und Holzmassen nachweisen. Ganz besonders bemerklich ist dieses an der Westküste Südamerika's. Während im stillen Ocean, fern von diesem Continente, unter 10° südlicher Breite die Temperatur desselben 27,1° C. beträgt, wird an den Küsten von Peru durch den kalten Polarstrom, welcher an dieser von Süden herkommt, die Temperatur des Meerwassers bis auf 19° C. erniedrigt. Von diesen arctischen Strömungen werden nun ungeheuere schwimmende Eisberge dem Aequator zugeführt, die nach ihrer Größe und dem dadurch bedingten langsameren Schmelzen demselben verschieden nahe kommen. Man hat sie im atlantischen Ocean bis zum 41° nördlicher Breite und bis zum 37° südlicher Breite schon vorgefunden. Ueber die Meeresströmungen vergleiche auch die schönen Karten von Berghaus physikalischem Atlas, Hydrographie 3—6.

9) zu S. 434. Die Pseudomorphosen sind besonders von Blum sehr sorgfältig gesammelt worden. (Blum, die Pseudomorphosen des Mineralreichs, zu denen er später Nachträge geliefert hat.) Ihre geologische Wichtigkeit ist besonders von G. Bischof in seinem Lehrbuche der physikalischen und chemischen Geologie hervorgehoben worden, indem er sie zum Schlüssel für die Eröffnung des Verständnisses der in ganzen Gebirgen vor sich gehenden oder bereits vollendeten Umwandlungen benützte. Diese Pseudomorphosen entstehen jedoch nicht nur auf die oben beispielsweise angegebene Weise, daß ein Stoff den anderen verdrängt, sondern ebenso auch dadurch, daß ein Mineral durch Aufnahme eines anderen oder selbst durch Austausch eines oder des anderen Bestandtheils aus dem Wasser sich in ein anderes Mineral mit Beibehaltung seiner ursprünglichen Form verändert.

10) zu S. 436. Auch über diese Verhältnisse hat G. Bischof durch viele Experimente die besten Aufschlüsse verschafft, indem er zeigte, daß neben der Bildung kohlensaurer Alcalien stets kieselsaure Alcalien und zwar durch die von der Kohlensäure verdrängte Kieselsäure sehr reich daran gewordene Alcalisilicate

sich bilden, daß, so lange Kalkerde in den Gesteinen vorhanden ist, nur Kalkcarbonat neben löslichen alcalischen Silicaten entsteht, die sich gegenseitig nicht zersetzen und erst wenn alle Kalkerde mit Kohlensäure verbunden ist, kohlensaure Alcalien sich bilden. Schon in der Siedhitze zersetzt Kieselsäure theilweise kohlensaure Alcalien, aber in der Kälte zersetzt wieder die Kohlensäure die kieselsauren Alcalien. Wir begreifen daraus, wie aus ein und demselben Gesteine die Gewässer kohlensauren Kalk, kohlensaure und kieselsaure Alcalien ausziehen können. (G. Bischof, a. a. O. I. p. 824—27.)

11) zu S. 436. Man kann dieses Verhalten des Eisens sehr wohl an den eisenhaltigen Säuerlingen beobachten. Das Wasser derselben enthält, wenn es an die Oberfläche kommt, keinen Sauerstoff und mehr oder weniger Kohlensäure und aufgelöstes kohlensaures Eisenoxydul. Es dauert aber gar nicht lange, so wird aus der Atmosphäre Sauerstoff aufgenommen, das Eisenoxydul zu Oxyd verwandelt und nun bilden sich diese, keiner solchen Quelle fehlenden Ueberzüge von Ocher an den Steinen und Rändern derselben.

12) zu S. 439. Nach G. Bischof enthalten auf 10000 Theile Wasser die Paderquellen 2,52 kohlensauren Kalkes, die Quellen in dem vulkanischen Bezirke um den Laacher See herum als Maximum 6,13, als Minimum 2,63, die Fachinger Quelle 3,85, die Ferdinandsquelle zu Marienbad 5,22 ꝛc. Keine erreicht das Maximum des Kalkgehaltes, den man im Wasser findet, wenn man darin sehr lange durch fein gepulverten Kalk Kohlensäure hindurchströmen läßt, wo sich 10 Theile desselben auflösen lassen. Auch die meisten Flüsse enthalten kohlensauren Kalk aufgelöst. G. Bischof theilt a. a. O. II. p. 1511—1523 50 Flußwasseranalysen mit. Es ergiebt sich daraus, daß dieselben alle kohlensauren Kalk enthalten, aber in verschiedenen Jahreszeiten und Jahren wechselnde Mengen. In 100000 Theilen schwankt der Gehalt an verschiedenen Flüssen von 1,22 (Deen bei Aberdeen) bis 26,2 (Pherouenne); der Rhein führte in Bonn 1851 im März 11,23, aber in demselben Monat 1852 17,08 aufgelöste Theile; der kohlensaure Kalk ist in allen der vorwiegendste Bestandtheil, dann kommt gewöhnlich der Gyps und das Kochsalz. In unseren gegenwärtigen Meeren finden sich etwas verschiedene Mengen, je nachdem es mehr Binnenmeere sind, in welche große Massen dieses Materials eingeführt werden oder nicht, aber überall weniger als in den Flüssen. Es enthalten in 10000 Theilen Wasser von kohlensaurer Kalkerde: der Kanal 0,57, die Ostsee 0,61, das schwarze Meer 2,49, das kaspische Meer 1,18. Ebenso findet sich freie Kohlensäure, die zur Auflösung des Kalkes nöthig ist, in diesen Wassern, auch im Meerwasser, und zwar in allen Tiefen bedeutend mehr, als dazu nöthig wäre.

13) zu S. 439. Suchen wir zu berechnen, welche Zeiten zur Bildung von Kalksteinen auf diesem Wege nöthig war, so kommen wir zu ganz ungeheueren Zeiträumen. G. Bischof hat gefunden, daß Wasser, welches $2^3/_4$mal soviel kohlensauren Kalk enthielt, als unsere Meere, $^1/_3$ durch Verdunstung abnehmen mußte, ehe es die Hälfte seines Kalkes niederfallen ließ. Wenden wir diese Verhältnisse auf das Meer an, so sehen wir, daß nur $^1/_4$ des verdunstenden Wassers auf das Festland kommt und den Kalkgehalt des Meeres vermehrt; das unmittelbar in das Meer zurückfallende Wasser ist natürlich in dieser Beziehung ganz ohne Einfluß. Wir wollen nun auch annehmen, die Flüsse kämen stets mit kohlensaurem Kalk gesättigt in's Meer, so könnte erst dann ein Niederschlag sich bilden, wenn $^1/_3$ der ganzen Wassermasse des Meeres den Weg über das Land und durch die Flüsse, mit Kalk beladen, in das Meer zurückgenommen hätte, d. h. also (da auf das Land nur $^1/_4$ des verdunstenden Wassers gelangt), wenn aus dem Meer im Ganzen $^4/_3$mal die Wassermasse, die es enthält, verdunstet ist, und dann würde sich erst eine Schichte gleich $^1/_{20000}$ von der Menge des Wassers dem Gewichte nach niedergeschlagen haben, die dem Volumen nach, da der Kalk $2^1/_2$mal schwerer als dieses ist, auch noch $2^1/_2$mal geringer wäre, und bei einer Annahme, daß das Meer 20000 Fuß tief wäre, dann eine Schichte von $^2/_5$ Fuß bilden würde. Sowie der Sättigungsgrad erreicht wäre, d. h. die Menge des Kalkes in dem Wasser so groß wäre, daß es nichts mehr davon auf-

zulösen vermöchte, so würde nun aller Kalk, der von den Flüssen hineingeführt wird, sich niederschlagen. Wir haben keine genauen Anhaltspunkte zu der Berechnung des Wassergehaltes sämmtlicher Flüsse, nur annäherungsweise können wir die Regenmenge berechnen, welche auf die verschiedenen Länder fällt und von den Flüssen etwa zu $^4/_5$ wieder in das Meer geführt wird, während $^1/_5$ davon wieder von der Erde aus verdunstet. Nehmen wir an, daß dieselbe so bedeutend sei, daß sie eine circa 5 Fuß dicke Wasserschichte über das ganze Land bilde, daß diese ganze Wassermasse soviel Kalk enthalte, als die davon reichste Quelle, nämlich 5 in 10000 Theilen Wasser, so würde sämmtliche auf diese Weise im Laufe eines Jahres in das Meer geführte Kalkmasse, wenn sie sich vollkommen niederschlüge, eine Schichte von nur $^1/_{1000}$ Fuß, d. h. $^1/_{10}$ Linie bilden. In früheren Perioden der Erdbildung war aber das Verhältniß vom Lande zum Wasser ein noch viel ungünstigeres für jenes, die Abscheidung des Kalkes war daher jedenfalls noch langsamer. Wir haben hier gleich ein Beispiel, daß außerordentlich lange Zeiträume zur Bildung der verschiedenen Gesteine verwandt worden sein müssen, und wo wir derartige Berechnungen anstellen, kommen wir immer auf dasselbe Resultat.

[14]) zu S. 440. Ein großer Theil dieser außerordentlich weit verbreiteten Wesen, die keinem Wasser fehlen, das organische Stoffe enthält, sich besonders gerne in jedem Aufgusse von Wasser auf diese bei längerem Stehen entwickeln (übrigens nur durch Sproßenbildung, Theilung eines Thierchens in mehrere, oder Eier sich fortpflanzen, nirgends von selbst durch die sogenannte Generatio aequivoca entstehen, wie man früher wohl annahm), enthalten auch Schalen von Kieselsäure, und bilden hie und da auch bedeutendere Lager von Kieselerde, die als s. g. Bergmehl, Kieselguhr, lockere Massen bildet und sich in manchen Gegenden noch jetzt fortwährend erzeugt. So findet sich nach Ehrenberg's Untersuchungen ein Lager von circa 80 Fuß Dicke unter Berlin, und in dem Schlamme des Hafens von Wismar bilden sich noch jetzt jährlich circa 17496 Centner solcher Kieselpanzer. Unter den tertiären Gebilden ist es der s. g. Polirschiefer, der großentheils aus den Schalen dieser Thierchen gebildet wird, welche eben diese zum Poliren nöthige Feinheit und Härte des Materials dem Schiefer mittheilen. An Mächtigkeit stehen jedoch alle diese kieseligen Bildungen weit hinter den kalkigen zurück.

[15]) zu S. 441. Das Studium dieser kleinen, zu den Polypen gehörigen Thierchen ist in der neueren Zeit mit großem Fleiße von vielen Seiten getrieben worden; die Naturforscher der verschiedenen Expeditionen haben in allen Meeren die Lebensweise und die Verbreitung dieser Organismen kennen gelehrt. Besonders Ehrenberg, Dana, Darwin, Beechey, Siau, Beete Jukes haben dieselben im rothen Meere, im stillen, im indischen und atlantischen Oceane auf das genaueste erforscht; dennoch ist noch Manches für spätere Bearbeiter dieses Feldes aufbewahrt. Ehrenberg's Untersuchungen finden sich in den Abhandlungen der Berliner Academie vom Jahre 1832 und 1838, erstere enthält die Resultate seiner Arbeiten am rothen Meere und eine neue Systematik dieser niederen Organismen, letztere die Ergebnisse microscopischer Untersuchungen der Kreide und ähnlicher Ablagerungen. Die wichtigste Arbeit nach ihm ist von Darwin, „Structure and distribution of coral reefs"; eine sehr ausführliche Mittheilung darüber findet sich in Poggendorff's Annalen. Wir wollen nur noch Einiges über diese Thierchen hier mittheilen. Polypen, welche ein kalkiges Gehäuse, den Polypenstock, Korallenstock, absondern, giebt es in allen, selbst den kälteren Meeren; doch bauen nur die Korallen der warmen Meere Riffe, besonders sind es die Asträen, Madreporen und Gemmiporen, welche es thun. Diese sind zwischen dem 28° nördlicher und südlicher Breite eingeschlossen, nur an den Bermudasinseln, wo der Golfstrom wärmeres Wasser nach Norden bringt und in dem rothen Meere gehen sie etwas weiter nach Norden, bis zu 32° 51' an jenem Orte und hier bis zu 30° nördlicher Breite. Auch für diese Thierchen giebt es gewisse Verbreitungsbezirke, wie für die Landbewohner. Die Korallen gleich warmer Meere sind verschieden, die ostindischen z. B. verschieden von den

westindischen; von 306 Arten sind nur 27 dem indischen und stillen Ocean gemeinschaftlich. Die s. g. Korallenstöcke entstehen durch Sprossenbildung des Thieres, diese erfolgt bei den verschiedenen Arten in verschiedener charakteristischer Weise; alle diese Sprossen bilden einen Stock, indem sie theils in der äußeren Haut, theils unter ihrem Magen mehr in der Mitte und an ihrem Ende kalkige Massen absondern, die auch nach dem Tode des Thieres zurückbleiben. Indem sich viele solcher Stöcke nebeneinander ansiedeln, bilden sie eben die Korallenriffe. Nach den Untersuchungen von Dana bestehen die Korallenstöcke aus 2,11 bis 9,43 % organischer Masse, das Uebrige ist fast nur kohlensaurer Kalk, indem 97—99 % der von der thierischen Substanz befreiten Koralle von diesem und nur 1—3 % von anderen festen Substanzen, nämlich Kieselerde, Kalkerde, Magnesia, Phosphorsäure, Fluor, Thonerde und Eisenoxyd, gebildet werden. Nach der Form der Korallenriffe hat man dieselben als Atolls oder Lagunenriffe, als Dammriffe und Küstenriffe unterschieden. Erstere bilden ein ringförmiges, meist an einer oder mehreren Stellen durchbrochenes Riff, in dessen Innerem ein wenig tiefes Meer sich befindet; namentlich an diesem bemerkt man, daß verschiedene Korallen sich an der äußeren, der Brandung ausgesetzten und an der inneren, ruhigen ansiedeln. Die Dammriffe oder Wallriffe umgeben die Küsten, lassen aber zwischen sich und dem Festlande noch einen Raum frei, der bei der Insel Mauritius eine Stunde breit ist. Wo ein Fluß sich in das Meer ergießt, zeigen sich die Dammriffe unterbrochen, indem das süße Wasser und die Schlammtheilchen des Flusses den Korallen nicht zusagen. Die Küstenriffe schließen sich unmittelbar an das Land fest an, entfernen sich jedoch auch hie und da von dem Rande desselben, wie theilweise losgerissene Fransen von einem Gewande, weswegen Darwin sie auch Fransenriffe genannt hat. Diese verschiedenen Arten sind namentlich in dem stillen Ocean außerordentlich häufig. An der Ostküste wird Neuholland von einem Riffe umgeben, welches 200 geogr. Meilen sich verfolgen läßt und 4—16 geogr. Meilen weit von dem Lande entfernt ist. Nach G. Bischof's Versuchen schützt die geringe Menge organischer, in den Muscheln und Korallen enthaltener Substanz dieselben sehr gegen die Auflösung durch Kohlensäure, und daher ist es erklärlich, warum in dem Meerwasser auch die abgestorbenen Korallen und Muscheln sich nicht bemerkbar auflösen. Die Korallenriffe werden nach und nach eine mehr compacte Kalkmasse, indem sich in die Zwischenräume zwischen ihren Stöcken theils isolirt lebende kleine Korallen und andere Kalk absondernde Thierchen ansiedeln, theils auch von dem Wellenschlage losgerissene Korallenfragmente als Kalksand und Kalkschlamm eingeschwemmt und nach und nach zusammengekittet werden. An einigen dieser Riffe hat man selbst eine Absonderung in schichtenartig übereinanderliegende Blöcke wahrgenommen.

[16]) zu S. 444. Der Serpentin wird von Vielen noch als ein besonderes Gestein unter den eruptiven vulkanischen Gebilden aufgeführt. Er kommt namentlich in Gesellschaft und unter ähnlichen Verhältnissen wie die Grünsteine, theils in isolirten Kuppen, theils in Gangform, theils in Lagern und Schichten vor und läßt Uebergänge in verschiedene Arten von jenen bemerken. Alle diese Erscheinungen lassen sich aber sehr gut aus der Annahme erklären, daß er aus der Zersetzung und Umwandlung jener Gesteine sich gebildet habe. Er ist ein 13 % Wasser enthaltendes Magnesiasilicat mit etwas Eisenoxydul und schwankt, wie der Speckstein, der Meerschaum, der Talk und eine große Anzahl von anderen, mit besonderen Namen belegten, durch ihren Gehalt an Kieselsäure und Wasser von einander etwas verschiedenen Magnesiasilicaten, etwas in seiner Zusammensetzung. Er ist nie krystallisirt, kommt aber in Afterkrystallen vor, die deutlich zeigen, daß er in vielen Fällen ganz entschieden ein Umwandlungsproduct ist. So findet man z. B. Hornblende-, Augit-, und Olivinkrystalle in Serpentin und in Speckstein umgewandelt. Es wird daher auch ein Gestein, in welchem diese Mineralien vorwiegende Bestandtheile sind, sich wohl in Serpentin umsetzen lassen. Man denke sich z. B. eine gangförmige Basaltmasse in Serpentin umgewandelt, so wird sie natürlich dieselben für eine plutonische Entstehung spre-

chenden Formen wie jener zeigen müssen. Ebenso werden aber auch Gewässer, welche, mit Magnesiasilicat beladen, durch eine Kluft strömen, dieselbe nach und nach mit diesem ausfüllen können. Es soll daher durchaus mit Obigem nicht gesagt sein, daß alle Serpentine Umwandlungsgebilde seien, nur für plutonische Gebilde können wir sie in ihrem jetzigen Zustande unmöglich gelten lassen.

17) zu S. 444. Schon die Bildung der in manchen Gesteinen vorkommenden großen Bitterspathkrystalle zeigen auf das entschiedenste, daß sich eine Verbindung von kohlensaurer Magnesia und kohlensaurem Kalke aus Gewässern abscheiden könne. Die in den jüngeren Süßwasserbildungen bei Ulm von Leube erkannten Dolomitmassen geben ebenfalls den besten Beweis für eine directe Dolomitbildung, wenn schon die Verhältnisse, unter welchen sich Dolomite aus Meeren niederschlagen, uns noch nicht hinlänglich klar sind.

18) zu S. 446. Es ist nicht möglich, hier auf die verschiedenen Theorieen über die Dolomitbildung einzugehen. Ich habe dieselben in der angeführten Arbeit über den Dolomit des fränkischen Jura angeführt. (Poggendorff's Annalen Bd. LXXXII. p. 465 und Bd. LXXXVII. p. 600.) Bei der Beschreibung der Juraformation kommen wir noch einmal auf den Dolomit zurück. Jetzt wollen wir nur noch den Einwand beseitigen, als sei auch hier der Dolomit eine ursprüngliche Bildung. Daß dieses nicht der Fall sein kann, geht schon daraus hervor, daß wir nur wenige Schritte von einander entfernt in einem Niveau reinen Kalk und Dolomit antreffen. Wir wissen, daß sich, ähnlich wie Gase in der Luft, so verschiedene Salzlösungen in Wasser bei etwas längerem Stehen gleichmäßig verbreiten. Wir haben oben gesehen, wie viel Wasser verdunsten muß, wie Jahrtausende darüber hingehen, bis sich auch nur eine dünne Kalkschichte niederschlägt; es ist nun schlechterdings undenkbar, daß sich aus ein und demselben Wasser bei a unserer Figur pag. 445 reiner Kalk, bei b dagegen Dolomit niederschlage; eine solche Annahme ist vollkommen unvereinbar mit den Gesetzen der Diffusion der Flüssigkeiten; es macht diese Erscheinung aber keine Schwierigkeiten, wenn wir annehmen, daß nach der Bildung des Kalkes Wasser mit kohlensaurer Magnesia diesen von oben durchdrungen habe, das bei b wohl, aber nicht bei a mit demselben in Berührung kam.

19) zu S. 447. Es würde zu weit führen, wollten wir auf das gegenseitige Verhältniß von Schwefelwasserstoff, Schwefel und Gyps zu einander näher eingehen. G. Bischof hat dasselbe im V. Kap. des II. Bd. seines schon oft erwähnten Werkes ausführlich gethan. Nur noch in Beziehung auf die Entwicklung von Schwefelwasserstoff möge hier Einiges folgen. In den Laven finden sich Schwefellebern, deren Schwefel in Berührung mit dem Sauerstoff der Atmosphäre bei der großen Hitze der Lava theilweise verbrennt und schweflige Säure entwickelt; ist aber der Zutritt des Sauerstoffes abgehalten, wie im Innern einer Lavamasse, und erkaltet dieselbe, so bleibt die Schwefelleber unverändert. Kommt sie nun später mit dem Wasser der Atmosphäre und der Kohlensäure derselben in Berührung, so entwickelt sich Schwefelwasserstoff, indem das atmosphärische Wasser zersetzt wird, der Wasserstoff desselben mit dem Schwefel, der Sauerstoff mit dem Metalle der Schwefelleber sich verbindet; es bildet sich z. B. aus Schwefelkalium auf diese Weise kohlensaures Kali und Schwefelwasserstoffgas. An der Luft mit Wasserdämpfen zersetzt sich nun entweder dieser Schwefelwasserstoff und scheidet reinen Schwefel ab, namentlich bei hoher Temperatur des Wassers und in Berührung mit Säuren, theilweise wird aber auch der Schwefel zu Schwefelsäure oxydirt, die dann in Berührung mit Kalk und anderen Basen schwefelsaure Salze bildet. Kommen nun organische Stoffe mit diesen letzteren unter Wasser in Berührung, so entziehen sie bei dem Fäulnißprocesse den schwefelsauren Salzen ihren zur Fäulniß nöthigen Sauerstoff, es bilden sich wieder Schwefellebern, aus denen später durch Wasser und Kohlensäure abermals Schwefelwasserstoff sich entwickeln kann. Da mit den atmosphärischen Wassern organische Substanzen tief in die Erde hinabgeführt werden können, so begreift man, wie auch aus großen Tiefen Schwefelwasserstoffgas aufsteigen kann, wenn sich in denselben schwefelsaure Salze befinden.

[20]) zu S. 450. Nach Forchhammer besteht das reine Kaolin aus 3 Atom Thonerde und 4 Atom Kieselsäure, $\dot{A}l^3\dot{S}i^4$. Die Bildung desselben aus Orthoklas stellt sich nun so dar, es haben

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Atom Orthoklas .... | 3 Thonerde, | 12 Kieselsäure, | 3 Kali |
| Kalisilicat ..... | — „ | 8 „ | 3 „ |

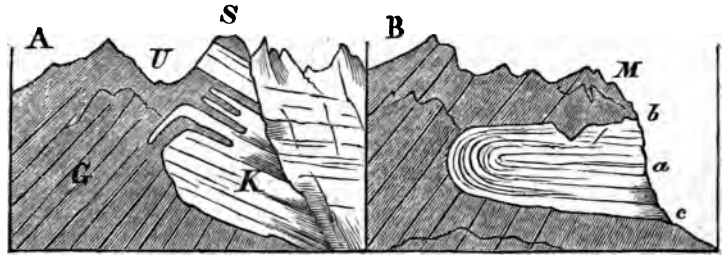
zieht man dieses ab, so bleibt 3 Thonerde, 4 Kieselsäure, d. h. Kaolin. Jenes Kalisilicat entspricht nämlich dem künstlich darstellbaren s. g. Wasserglas. Ob sich jedoch immer gerade auf diese Weise der Vorgang gestalte, ist sehr zweifelhaft; bei Feldspatharten, die Kalk enthalten, ist dieses schon nicht möglich, hier mögen mannichfache Zwischenglieder sich bilden, die wir noch nicht kennen und zur Bildung anderer Stufen von Thonerdesilicaten führen, wie wir sie unter den Thonen antreffen. Jedenfalls geht auch manches Kali als kohlensaures fort und es müßten dann an Kieselsäure noch reichere Kalisilicate entstehen, wenn jene einfache Rechnung noch gelten sollte.

[21]) zu S. 452. Cfr. G. Bischof, a. a. O. II. p. 247, 325. 350 und viele andere Stellen. Man glaubte früher, daß der Granit oder andere eruptive Gebilde durch die Einwirkung ihrer glühenden Massen die Thonschiefergebilde so erhitzt hätten, daß dieselben krystallinisch geworden wären, ähnlich wie z. B. Glas bei einer starken anhaltenden Hitze und langsamer Abkühlung, auch ohne daß es geschmolzen und flüssig geworden ist, zu einer krystallinischen steinigen Masse sich umbildet. Nun hat aber G. Bischof gezeigt, daß eine Menge von Schiefern die Bestandtheile des Glimmerschiefers und Gneißes zum Theil gar nicht, oder nicht in dem Verhältnisse wie diese enthielten, also ohne Hinzutreten neuer Stoffe durch die Hitze allein sich nie in der angenommenen Weise umwandeln konnten. Dann kommt sehr häufig, z. B. im Fichtelgebirge, der für diese plutonische Umwandlungstheorie sehr fatale Umstand vor, daß gerade der Thonschiefer, welcher unmittelbar mit dem Granite in Berührung kommt, gar nicht verändert ist, und daß zwischen Gneiß und Glimmerschiefer ganz wohlerhaltener Thonschiefer ruht. Wir wissen ferner, wie außerordentlich schlechte Wärmeleiter die Gesteine sind, und jeder Hochofen, an dessen wenige Fuß dicke Wände wir ungestraft die Hand halten können, wenn er auch schon Monate lang im Gang ist, sowie jedes brennende Steinkohlenflötz kann uns davon überzeugen. Bei Duttweiler brennt ein solches bereits fast 200 Jahre, und hat doch noch nicht eine für jene Umwandlungstheorie sprechende Erscheinung gezeigt. Nach Dana müßte ein Gestein auf 45 Fuß ganz geschmolzen sein, um nur auf 60 Fuß eine derartige Veränderung erkennen zu lassen. Nun bemerkt man aber, selbst wenn die vermeintliche Umwandlung sich meilenweit erstreckt hat, keine Spur von Schmelzung der dem plutonisch umwandelnden Gesteine näher gelegenen, ja an diesen gerade oft gar keine Aenderung. Daß heiße geschmolzene Massen, namentlich bei langsamer Erkaltung, auf andere nicht ganz ohne Wirkung sein werden, ist natürlich und wir schließen uns dem Ausspruche Naumann's an, „daß es auch einen Metamorphismus gebe, welcher aber nur im Contacte mit pyrogenen Gesteinen existirt und niemals weit hinausreicht", niemals ganze Gebirgsmassen betroffen haben kann.

[22]) zu S. 456. Wenn wir zugestehen müssen, daß sich Feldspath, Quarz, Glimmer, Hornblende und die übrigen in den krystallinischen Silicatgesteinen vorkommenden Mineralien ebenso gut aus wässerigen Lösungen neu bilden, als aus vorhandenen anderen durch Aufnahme und Umtausch der dazu nöthigen Stoffe auf metamorphischem Wege bilden können, so müssen wir auch die Möglichkeit einer metamorphischen Bildung des Glimmerschiefers, des Gneißes und des Hornblendeschiefers zugeben. Nach den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen möchte aber kein Beweis für die metamorphische Umbildung ganzer Gebirge aufzufinden sein; wenn er existirt, so möchte sie ebenfalls wohl nur auf kleinere Massen sich beschränkt haben, und auch hier müßten wir solche uns zu. der Annahme einer Metamorphose zwingende Erscheinungen finden, wie wir sie z. B. bei der Metamorphose des Kalkes in Dolomit antreffen. Nur da,

wo wir wirklich allmähliche Uebergänge von dem unveränderten in das metamorphosirte Gestein finden, und wo diese Uebergänge ungleichmäßig an verschiedenen Stellen, und namentlich von oben nach unten hin forschreitend Statt finden, haben wir sichere Beweise einer solchen Metamorphose. Denn es wird nirgends auf der Erde ein Gestein angetroffen, welches in weiter Ausdehnung so homogen und gleichmäßig ausgebildet ist, daß von oben eindringendes Wasser dasselbe hätte gleichmäßig durchdringen können. Bischof selbst führt dies gegen einen ihm gemachten Einwurf an; er zeigt, daß oft sogar einzelne Krystalle ungleich an verschiedenen Stellen sich verwittert zeigten, es sei also sehr wohl zu begreifen, „wie auch ein sedimentäres Gestein an verschiedenen Stellen seines Vorkommens auf eine sehr verschiedenartige Weise zersetzt oder umgewandelt werden kann. Um so mehr ist dies zu begreifen, da, der Natur der Sache nach, ein sedimentäres Gestein, wenn seine Bildung noch so ruhig und gleichförmig von Statten gegangen ist, doch nicht so homogen, wie ein krystallisirtes Fossil sein kann" (a. a. O. II. 341). Ich bitte nur noch einmal den Durchschnitt pag. 409 zu betrachten, wer will hier eine Umwandlung des Thonschiefers in Gneiß annehmen? Das Erhaltenbleiben der Schichtung bei der Metamorphose, wenn das ganze Gestein so durchdrungen wird, daß es sich deutlich krystallinisch ausbildet und durch Aufnahme neuer Stoffe neue Mineralien in oft großen Exemplaren ausbildet, möchte ebenfalls schwer zu begreifen sein; bei der Umwandlung des Kalkes in Dolomit geht dieselbe wenigstens verloren. Gerade diese Schichtung giebt uns aber durch ihre Richtung manchmal den besten Beweis, daß von einer Umwandlung des Thonschiefers, der sich neben jenen für metamorphisch erklärten Gesteinen findet, gar nicht die Rede sein kann. In manchen Fällen ist sie nämlich eine ganz andere, und das wäre doch eine wunderliche Metamorphose, die auch eine Schichtenänderung zu Wege brächte. So befindet sich nach Naumann bei Hof eine große Glimmerschieferparthie in discordanter Lagerung auf dem dortigen Grauwackenschiefer; die große, 8 □Meilen umfassende Gneißparthie bei Münchberg stellt sich als eine in einer bassinförmigen Vertiefung den Grauwackenschiefern eingelagerte Masse dar, unter welche die Schieferschichten von allen Seiten einschießen, auf welchen dieser Gneiß ruht, in die er nirgends einen Uebergang erkennen läßt (Naumann, a. a. O. II. 171). Wenn man die beiden Enden einer solchen Reihe vor sich hat, so ist freilich sehr leicht zu berechnen, welche Bestandtheile neu hinzukommen, und welche etwa austreten mußten, um aus dem einen ursprünglichen Gestein das metamorphosirte entstanden zu denken; man braucht nur die Zusammensetzung des einen mit der des anderen zu vergleichen und es ist dann ein einfaches Additions- und Subtractionsexempel. Aber damit ist die Entstehung dieser Gesteine durchaus nicht erklärt und mit der Möglichkeit einer solchen ihre Wirklichkeit nicht erwiesen. Man kann auf diese Weise aus jedem Gestein jedes andere beliebig heraus- oder hineinrechnen. Von dieser Seite, d. h. von Seiten der Arithmetik her, erwächst allerdings der Lehre vom Metamorphismus ganzer Gebirge keine Schwierigkeit, und Bischof hat ganz Recht, wenn er sagt: „Denkt man sich nun ein Kalksteinlager, welches von Gewässern, Kieselsäure enthaltend, während langer Zeiträume ununterbrochen fort ganz gleichmäßig durchdrungen wird, so ist nichts leichter zu begreifen, als daß durch Verdrängung der kohlensauren Kalkerde das ganze Gestein nach und nach eine Quarzmasse wird. Dasselbe gilt auch von der Verdrängung der Feldspathmasse. Finden beide Verdrängungen gleichzeitig Statt; so begreift man, wie die Hauptgemengtheile des Gneiß an die Stelle der kohlensauren Kalkerde treten können" (a. a. O. II. p. 2350). Die merkwürdigen Verbindungen des Gneißes mit Kalk in den Schweizer Alpen, glaubt Bischof, sprächen für eine solche Entstehungsweise. Die mechanischen Störungen des Gebirgsbaues könnten durch eine Senkung veranlaßt sein, indem theilweise mehr Kalk fort, als Kieselsäure ꝛc. zugeführt wurde. Mit demselben Rechte könnte man aber die Sache umkehren, und den Kalk als einen metamorphosirten Gneiß ansehen, denn daß aus krystallinischen Silicatgesteinen sich kohlensaurer

Kalk ausſcheidet, dafür finden wir ebenfalls ſehr viele Beiſpiele; es iſt dann die Sache mathematiſch ebenſo leicht begreiflich. Nur die obige Bedingung, daß ein Geſtein ganz gleichmäßig von jenen Waſſern durchdrungen wird, können wir nicht wohl begreifen. Man betrachte noch einmal die beiden Figuren,




die ſcharfen Grenzen, die pag. 418 erwähnten Umbiegungen des Kalkes, ſo wird man gewiß an eine metamorphiſche Bildung am allerwenigſten denken. Wie hätten denn aus horizontalen Kalkſchichten durch einen einfachen Austauſch der Beſtandtheile ſich unter 45° nach Süden fallende Gneißſchichten bilden können? Solche Erſcheinungen wie dieſe, in nicht paralleler (discordanter) Lagerung ſich befindenden Maſſen von zwei verſchiedenen Geſteinen, mit ſo ſcharfen Grenzen und ſo wohl erhaltenen, verhältnißmäßig ſchmalen Stücken des einen im andern, ſprechen gewiß nicht für eine derartige Metamorphoſe und die arithmetiſch leicht darſtellbaren Verhältniſſe der Umwandlung werden doch noch lange nicht die Schwierigkeiten, welche ſich aus den phyſikaliſchen Verhältniſſen jener für metamorphoſirt angeſehenen Gebilde erheben, zu beſeitigen hinreichen.

# Achtzehntes Kapitel.

Lehre von den Formationen. Allgemeine Verhältnisse derselben. Wichtigkeit der Versteinerungen. Schlüsse aus denselben. Ueber die Gleichzeitigkeit der Bildung gleiche Versteinerungen einschließender Schichten. Reihenfolge der Formationen. Urformation, ohne Versteinerungen. Allgemeine Verhältnisse der Versteinerungen. Eintheilung des Thier- und Pflanzenreichs.

Wir haben im vorigen Kapitel betrachtet, wie durch den Kreislauf der Gewässer eine fortwährende Veränderung der Erdoberfläche vor sich geht, die wir ganz allgemein in doppeltem Sinne als eine das Ungleichartige aufhebende ansehen können. Es erniedrigt und nivellirt die Ungleichheiten in Beziehung auf die Höhe, und trennt und sondert dies Ungleichartige, indem es die mehrfach zusammengesetzten Gesteine zersetzt, dieselben zu einfacheren Verbindungen umwandelt und dieselben räumlich von einander getrennt absetzt. Diese Thätigkeit des Wassers ist somit gerade entgegengesetzt einer anderen, früher schon besprochenen Kraft, deren Aeußerung wir Kap. V. bis VIII. als „die vulkanischen Erscheinungen" kennen gelernt haben. Die Massen, welche sie bildet, sind stets zusammengesetzte und in Folge der durch sie bewirkten Hebungen und Senkungen wird eine fortwährende Veränderung der Reliefverhältnisse der Erdrinde und der davon abhängigen Verhältnisse des Fließens der Wasser und der Vertheilung von Meer und Land bewirkt, und eben dadurch ist auch ein steter Wechsel in der davon abhängigen Bildung sedimentärer Gesteine bedingt. War einmal eine Stelle der Erdoberfläche Festland, so unterlag sie der zerstörenden Wirkung des Wassers, wurde sie nun nach einiger Zeit wieder Meeresgrund, so setzten sich neue Gebilde auf derselben ab, so lange sie vom Meere bedeckt war. Derartige Veränderungen durch den Kampf oder das Zusammenwirken dieser beiden Kräfte gingen nun von dem Augenblicke an, in welchem Wasser

aus der Atmosphäre sich auf die erstarrte Erdrinde niederschlug, fortwährend und anhaltend von Statten, es begann eine fortlaufende continuirliche Umgestaltung der Erdoberfläche, an der jedoch die verschiedenen Theile derselben sehr ungleichen Antheil nahmen; eine Gegend wurde bald Land und blieb es, eine andere läßt einen sehr häufigen Wechsel von Land und Meeresbildung erkennen, wieder eine andere wurde sehr spät über das Wasser erhoben. In dieser fortlaufenden Reihe von Gebilden, welche, durch die Thätigkeit des Wassers entstanden, auf einander sich ablagerten, können wir jedoch bestimmte Abschnitte machen, welche dieselbe in einzelne zusammengehörige und von anderen unterschiedene Hauptablagerungen und Gruppen zertheilen, die man als s. g. Formationen bezeichnet hat. Man versteht darunter also eine mehr oder weniger zahlreiche Reihe ausgedehnter geschichteter wässeriger Bildungen, welche sich sowohl durch ihre Zusammensetzung und Lagerung, als auch hauptsächlich durch ihre organischen Einflüsse als Producte einer bestimmten Periode, innerhalb deren gleichartige Verhältnisse herrschten, zu erkennen geben.

Wir wollen diese verschiedenen, für den Begriff der Formationen so wichtigen Punkte etwas näher betrachten. Was zunächst die räumliche Entwicklung der Formationen betrifft, so ist diese eine sehr verschiedene. Manche sind über Tausende von □ Meilen ununterbrochen ausgebreitet und bestehen aus einer so großen Menge von Schichten, daß sie eine Dicke von mehreren Tausend Fuß erkennen lassen. Andere sind von viel geringeren horizontalen, wie verticalen Dimensionen. Namentlich in Beziehung auf die horizontale Ausbreitung sind wir jedoch oft im Unklaren, wenn nämlich die Gebilde einer älteren Formation von jüngeren bedeckt sind; jene kann dann in der Tiefe sehr weit unter der jüngeren sich hinziehen; ihre Grenzen sind uns in diesem Falle ganz unbekannt.

Die Zusammensetzung, die mineralogische Beschaffenheit einer Formation giebt nur in seltenen Fällen einen Anhaltspunkt für die Lagerung und Abscheidung derselben. Wir finden dieselben Gebilde in den verschiedensten Formationen und innerhalb ein und derselben ganz verschiedene Gesteine; doch zeichnen sich allerdings manche durch bestimmte Gebilde aus, es ist daher die mineralogische Zusammensetzung der Glieder einer Formation oft ein sehr wohl zu beachtendes Moment für die Beurtheilung derselben. So

erscheint z. B. der Thonschiefer als ein charakteristisches Gestein der ältesten Formationen; die gewöhnliche Kreide gehört ebenfalls nur einer bestimmten Formation an u. s. f. [1]).

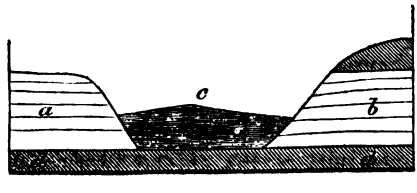
Von sehr großer Bedeutung sind ferner die Lagerungsverhältnisse. Sie geben uns den besten Anhaltspunkt über das Alter und über die Umstände bei der Ablagerung einer Formation. Die jüngere ruht immer auf der älteren *); das Fehlen eines oder des anderen Gliedes der Reihe läßt uns auf die Perioden schließen, während welcher keine Wasserbedeckung in einer bestimmten Gegend Statt fand, und wann sie wieder eintrat. Discordante Lagerung läßt vermuthen, daß ein längerer Zeitraum zwischen der Bildung der jüngeren und der älteren verstrichen ist. Als wichtigstes und zur Bestimmung der Periode, in welcher sich ein gewisses Gebilde ablagerte, sicherstes Verhältniß ist das Eingeschlossensein in ihrer Form erhaltener organischer Reste, der s. g. Versteinerungen oder Petrefacten, zu betrachten. Schon lange, ehe man andere Schlüsse aus der Organisation dieser Wesen zog, hatte man erkannt, daß ganz bestimmte Formen ganz bestimmten Formationen angehörten [2]), und daß sie überall in derselben Ordnung auf einander folgten, wie man sie an einem Orte der Erde nach einander von den älteren zu den jüngeren Gebilden fortschreitend auftreten sah, und hatte schon frühe nach ihnen die verschiedenen Formationen von einander abgegrenzt. Man hatte ferner gefunden, daß jede Formation ganz bestimmte, ihr allein zukommende, weder in früheren noch späteren Bildungen sich wieder findende Formen enthalte, und da man diese häufig fast über die ganze Erde verbreitet antraf, schloß man, daß alle die Gebilde, innerhalb deren sich gleiche Versteinerungen fänden, auch gleichzeitig entstanden seien.

Die neueren, sorgfältigeren und immer ausgedehnteren Untersuchungen haben jedoch jenes Gesetz etwas beschränkt und diesen Schluß etwas hypothetisch gemacht. Es hat sich nämlich in Beziehung auf jenes ergeben, daß die große Mehrzahl der Thiere und Pflanzen allerdings auf eine bestimmte Periode beschränkt, an eine bestimmte Formation gebunden seien und daß mit dem Ende dieser auch ihr Ende gekommen sei, daß es aber auch manche

*) Die durch Ueberstürzung der Schichten veranlaßten Ausnahmen haben wir schon Kap. XIV. erwähnt.

gäbe, welche in mehreren Formationen zugleich angetroffen werden, mehrere Perioden der Erdbildung hindurch existirt haben. Es ist dieses eine unzweifelhafte Thatsache, die ohne allen Grund jener alten Theorie zulieb und aus unbegründeten Vorstellungen über die Entstehung der Thiere noch von Manchen beanstandet wird [3]), und durchaus nichts gegen sich hat, was sie als unbegreiflich erscheinen ließe, dem Werthe der Versteinerungen zur Bestimmung der Formationen auch gar keinen Eintrag thut, indem jede allerdings sehr scharf durch die Mehrzahl ihrer eingeschlossenen Versteinerungen von den übrigen getrennt ist. Das allmähliche Aussterben dieser Wesen und das Auftreten anderer hing offenbar mit den Veränderungen in der Ausbildung der Erde zusammen, und in dem Maaße, als diese neuen Verhältnisse die Lebensbedingungen jener Thiere und Pflanzen beeinträchtigten, mußten dieselben zu Grunde gehen, und nur diejenigen konnten länger fortbestehen, deren Existenz an weniger complicirte Bedingungen gebunden war. Nun konnte es sehr wohl geschehen, daß diese an einem Orte für bestimmte Organismen nicht mehr erfüllt waren, während sie dieselben an einem anderen Orte noch fanden. Es ist daher auch möglich, daß an jenem schon neue, andere Thiere existirten, während an diesem noch jene älteren lebten, und in soferne können möglicherweise auch gleichzeitig an verschiedenen Orten verschiedene Thiere gelebt haben, in gleichzeitigen Bildungen verschiedene und in ungleichzeitigen Niederschlägen gleiche Reste angetroffen werden. Jenem Gesetze der fortschreitenden Entwicklung und der gesetzmäßigen Aufeinanderfolge der Thier- und Pflanzenformen widerspricht jedoch diese Möglichkeit, auch wenn sie sich als Wirklichkeit herausstellen sollte, in keiner Weise; es würde dadurch nur dargethan, daß dieses Fortschreiten an verschiedenen Theilen der Erde der Zeit nach etwas ungleich gewesen ist, daß eine Gegend etwas früher als die andern gewisse Thierformen verloren und gewisse andere erhalten hat. Die Untersuchungen darüber sind noch lange nicht so weit gediehen, daß man schon entschieden sagen könnte, jener Schluß auf gleichzeitige Bildung gleiche Organismen enthaltender Formationen sei unrichtig; ja es ist sogar sehr unwahrscheinlich, daß jemals derselbe umgestoßen werde, wenn man nur den Begriff „gleichzeitig" nicht allzubeschränkt auffaßt. Die Erde bildet so sehr ein großes Ganze, dessen sämmtliche einzelne Theile wesentlich zu

den klimatischen und physikalischen Verhältnissen des Ganzen beitragen, daß nur in sehr beschränktem Maaße eine Selbstständigkeit der einzelnen Theile und nicht im geringsten eine vollkommene Unabhängigkeit von dem Ganzen auch nur für einen denkbar ist. Müssen wir, wie das auch allgemein geschieht, die jeweilige Organisation den jeweiligen sie bedingenden Verhältnissen der Erdoberfläche angepaßt annehmen, so können wir unmöglich eine totale Umänderung und Neubildung derselben an einer Stelle der Erde bei fortbestehender ungestörter Dauer der sämmtlichen oder der Mehrzahl der bisherigen Wesen an den übrigen zugestehen. Es mögen wohl hie und da einzelne Formen oder die Generation überhaupt an einer Stelle früher zu Grunde gegangen sein, als an der andern, aber eine vor den andern weit vorausgeschrittene Entwicklung des gesammten Thier- und Pflanzenreiches an einem Punkte neben gleichzeitigem Fortbestehen der früheren Organisationsstufen an anderen ist nicht wohl denkbar, und namentlich nicht in Beziehung auf die hier fast allein in Betracht kommenden Meeresbewohner, da in dem Meere noch schneller und rascher bedeutende Veränderungen der Verhältnisse an einem Orte auf die damit zusammenhängenden anderen Wassermassen zurückwirken, als dieses auf dem Lande der Fall ist. Man hat auch nirgends nur einen Beweis für die Behauptung auffinden können, daß zu einer Formation gehörige Gebilde, die gegenwärtig auch als gleichzeitig, d. h. in ein und derselben Periode entstandene, angesehen werden, wirklich in weit verschiedenen Zeiträumen sich gebildet haben, wenn es auch gleich nicht möglich ist, gegenwärtig für das Auftreten derselben Formationen in weit von einander entfernten Gegenden nachzuweisen, daß sie gleichzeitige Bildungen sind. Dieses wäre nämlich nur dann sicher und bestimmt erhärtet, wenn man fände, daß die beiden getrennten Glieder oder Theile einer Formation ein und dieselbe ununterbrochene horizontale Schichte zur Grundlage hätten.




Man denke sich z. B. die beiden weit von einander entfernten Massen a und b enthielten gleiche Versteinerungen, gehörten also zu einer Formation, seien aber durch die Massen c,

deren Alter ganz unbestimmt sein soll, getrennt, und ihre gemeinsame Unterlage sei uns ganz unbekannt, so wäre es allerdings denkbar, daß a viel später als b, oder umgekehrt, sich gebildet habe. Fände sich aber, daß ein und dieselbe Schichte d ununterbrochen sich gleichmäßig unter a und b hinzöge, so wäre daraus zu schließen, daß a und b wirklich in ein und derselben Periode entstanden seien. Der letztere Fall ist aber der bei weitem seltenere auf der Erde; der Bau der Erdrinde ist uns nur stellenweise in größere Tiefen erschlossen; den Zusammenhang der Schichten, namentlich der älteren, können wir fast nirgends weithin verfolgen, wenn sich andere, jüngere Gebilde auf ihnen abgelagert haben und eben deswegen ist uns dieser Beweis der Gleichzeitigkeit in der Bildung ein und derselben Formation an den verschiedenen Orten der Erde, wenn ihre Glieder nicht unmittelbar eine zusammenhängende Masse bilden, so häufig unmöglich [4]).

Innerhalb ein und derselben Formation hat man nun nach denselben Verhältnissen, welche jene von einander abgrenzen ließen, Unterabtheilungen gemacht. Diese zeigen noch mehr, als die ganzen Formationen selbst, locale Verschiedenheiten an weit von einander entfernten Orten. Wie jetzt in unseren Meeren gleichzeitig verschiedene Gebilde sich auf dem Grunde niederschlagen, wie eine Gegend vor der anderen einer bedeutenderen Veränderung durch die vulkanischen Kräfte ausgesetzt ist, als die andere, hier eine Hebung, dort eine Senkung entsteht, so war es auch in den früheren Zeiten und die Verschiedenheit in der mineralogischen Zusammensetzung wie auch einzelne Ungleichheiten in Beziehung auf die organischen Einschlüsse mögen sich leicht aus solchen Verhältnissen erklären lassen. Man hat in neuerer Zeit sehr interessante Aufschlüsse über die Lebensweise und über die Verbreitungsbezirke der jetzt lebenden Meeresbewohner erhalten, die uns wiederum manches Räthselhafte und Dunkle in der Verbreitung der untergegangenen Thierwelt, deren Reste uns in den Versteinerungen erhalten sind, aufgehellt haben. Wir wollen nur Einiges davon mittheilen, da wir später noch, bei Betrachtung der einzelnen Formationen und Thiergeschlechter, manchmal darauf zurückzukommen uns genöthigt sehen werden.

Ebenso, wie auf dem Lande ist die Temperatur des umgebenden Mediums von besonderem Einflusse auf die Verbreitung

der einzelnen Thier- und Pflanzenformen; manche verlangen ein beständig warmes Wasser, manche gedeihen besser in kaltem, doch nimmt im Allgemeinen der Reichthum an Gattungen und Arten, wie bei den Landbewohnern, von dem Aequator gegen die Pole zu ab. Bei dem Wasser kommt noch außerdem in viel höherem Grade als in der Luft der bedeutende Unterschied des Druckes, welchem die Thiere in verschiedenen Tiefen ausgesetzt sind, in Betracht. Wenn wir bedenken, daß mit je 30 Fuß Tiefe der Druck um den einer ganzen Atmosphäre wächst, so werden wir daraus entnehmen können, wie geringe Höhe die Zonen haben werden, innerhalb welcher ein und dieselbe Thierspecies existiren kann, und in der That finden wir auch von der Meeresfläche nach abwärts genau bestimmte Grenzen, welche die verschiedenen Thierformen sowohl nach oben, als nach unten nicht überschreiten. Mit der größeren Tiefe wird aber auch die Helligkeit immer geringer, und da das Licht auf die pflanzliche und thierische Organisation von sehr großem Einflusse ist, so ist auch hierin ein weiteres Moment der Begrenzung gewisser Formen gegeben. Ungleichheiten in der chemischen Zusammensetzung des Meerwassers heben sich durchaus nicht so rasch auf, als in der Luft [5]); die verschiedenen Meere haben (pag. 448) einen sehr ungleichen Salzgehalt, manche Meerbewohner wollen ein salzreiches Wasser, während andere bei weniger gedeihen. Aus diesem Grunde enthält z. B. die salzarme Ostsee andere Organismen als die Nordsee. Auch die Beschaffenheit des Meeresgrundes ist nicht ohne Einfluß auf die Thiere. Manche verlangen einen steinigen, felsigen Grund, andere einen sandigen, lockeren; einige Muscheln bohren sich in Felsen ein, andere stecken sich in Schlamm. Gewisse Formen sind auf die hohe See angewiesen, andere können nur in der Nähe von Küsten gedeihen [6]).

Man wird aus diesen Beispielen leicht entnehmen können, wie sich selbst innerhalb ein und derselben Formation, ja selbst in einer Schichte an verschiedenen Stellen doch verschiedene Thierformen finden können, welche alle zu derselben Zeit, aber unter solchen verschiedenen Verhältnissen gelebt haben. Man begreift dann auch, wie mit dem Wechsel dieser Verhältnisse auch ein Wechsel in der Verbreitung der Thierformen Statt finden mußte. Man denke sich z. B. ein seichtes, von Korallen bevölkertes Meer,

welches in einer ausgedehnten Strecke eine bedeutende Senkung erleidet. Die Korallen werden nun absterben und über ihnen werden sich nun in den später erfolgten Niederschlägen solche Thiere finden, welche in einem tiefen Meere existiren konnten. Trat nun längere Zeit darnach eine Hebung ein, wurde das Meer wieder seichter, so mußte sich abermals die Organisation ändern. Aber neben jener, einem mehrmaligen Wechsel unterworfenen Stelle konnten sich andere befinden, an welchen während dieser ganzen Periode unverändert dieselben Verhältnisse herrschten. Finden wir nun hier lauter gleiche Schichten mit gleichen Organismen, so werden wir dort einen Wechsel derselben antreffen.

Die verschiedenen Pflanzen- und Thierformen haben nun in größerem oder geringerem Grade das Vermögen, sich den wechselnden Verhältnissen anzupassen. Es gehen daher auch die einen nicht sogleich zu Grunde, wenn sich auch eines oder das andere von jenen ändert, während andere Arten diese Fähigkeit der Accommodation fast gar nicht besitzen und bald absterben. Jene Gattungen haben daher eine größere Verbreitung und eine längere Dauer ihres Bestehens als diese, und können sich daher zuweilen in Gesellschaft von verschiedenen, einer früheren und einer späteren Periode ausschließlich angehörenden Formen vorfinden.

Wenn wir auch, im Großen und im Ganzen betrachtet, eine fortschreitende allmähliche Veränderung der Erdoberfläche annehmen müssen, gewisse Verhältnisse, wie z. B. die Abnahme der Temperatur durch die Abkühlung, nur eine allmähliche und gleichmäßige Annäherung an die jetzigen Zustände erkennen lassen, so sind doch gewiß für viele Localitäten und für gewisse Perioden jene Veränderungen plötzlich und mit einem Male eingetreten und haben dadurch eine scharfe Grenze zwischen dem früheren und dem darauf folgenden Zustande gezogen. Eine solche in einem Momente eintretende Revolution konnte an einer Localität die bisherigen Verhältnisse so ändern, daß die ganze damalige Organisation rasch zu Grunde gehen mußte, während die Rückwirkung auf die übrigen Punkte der Erdoberfläche, sowohl des Landes als des Meeres, je nach der Größe, Bedeutung und dem Umfange jener Revolution, eine allmähliche, erst nach und nach auf größere Entfernungen sich erstreckende, an manchen Stellen vielleicht spurlos vorübergehende war. Sehr bedeutende Veränderungen in der Gestaltung

der Oberfläche unſeres Planeten mußten jedoch, auch wenn ſie nur an Einer Stelle derſelben ſich geltend machten, ſei es nun durch Erhebung einer großen Landmaſſe, oder durch Sinken einer ſolchen unter den Meeresſpiegel, nothwendig auf die Verhältniſſe aller Land- und Waſſermaſſen und auf die davon abhängigen der Organiſation der Thier- und Pflanzenwelt eine großartige Wirkung ausüben. Solche tief eingreifende Ereigniſſe, welche die bisherige Geſtaltung der Dinge vollkommen änderten, ſind im Ganzen nur wenige auf der Erde ſeit ihrer früheſten Periode eingetreten; ſie ſind es, welche die verſchiedenen Formationen mit ihren verſchiedenen Organismen abgrenzen und deren Bildung begreiflich machen. Sie theilen die Geſchichte der Erde in wenige große Abſchnitte, die wir einzeln im Folgenden kurz beſchreiben werden.

Wir haben oben bei der Definition des Begriffes Formation angegeben, daß man eine Reihe von geſchichteten, wäſſerigen Gebilden darunter verſtehe, die zu einer beſtimmten Zeit ſich niedergeſchlagen haben. Es ſind jedoch dies nicht die einzigen Geſteine, welche in den verſchiedenen Formationen auftreten; zwiſchen und mit ihnen kommt noch eine große Menge von ungeſchichteten maſſigen zum Vorſchein, die ebenfalls oft eine gewiſſe Altersfolge erkennen laſſen, wie z. B. die Porphyre, die Grünſteine, die Trachyte u. ſ. f. Wir werden dieſelben kurz bei den einzelnen Formationen, mit denen ſie gleichzeitig entſtanden, betrachten. Alle Formationen beſtehen vorzugsweiſe und weſentlich aus Gebilden des Waſſers, ſie ſind alſo ſämmtlich ſecundäre Erzeugniſſe. Ihre Entſtehung begann mit dem Beginne des atmoſphäriſchen Niederſchlages, und der Zerſetzung der urſprünglichen Erſtarrungsrinde der Erde. Die erſten auf die heiße Erdkugel niederfallenden Waſſermaſſen mußten eine ſehr hohe Temperatur beſitzen, welche die Exiſtenz von Pflanzen und Thieren unmöglich machte. Die älteſten geſchichteten Gebilde ſind daher verſteinerungsleer, enthalten keine Spur von pflanzlichen oder thieriſchen Reſten. Wir können daher eine verſteinerungsleere Urformation und verſchiedene verſteinerungsführende unterſcheiden. Die letzteren hat man nach den in ihnen enthaltenden Organismen in drei Gruppen eingetheilt, die mit verſchiedenen Namen bezeichnet worden ſind [7]). Wir benennen dieſelben mit Naumann u. A. auf die Weiſe, welche aus dem folgenden Schema, das die ſämmt-

der [illegible] ausgeführten Formationen in ihrer natürlichen [illegible] von unten nach oben [illegible], so ergiebt:

I. Gruppe: primäre oder azoische Formationen:
1) [illegible]rische oder ältere Uebergangsformationen.
2) Devonische oder jüngere Uebergangsformationen.
3) Steinkohlenformationen.
4) Permische oder Zechsteinformationen. Rothliegendes [illegible].

II. Gruppe: secundäre Formationen:
5) Triasformationen oder die Formationen des bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers.
6) Juraformationen.
7) Kreideformationen.

III. Gruppe:
8) tertiäre Formationen.

Wir haben schon erwähnt, daß nirgends auf der Erde alle diese Formationen ganz regelmäßig vorkommen, sie zeigen an verschiedenen Orten eine verschiedene Ausbildung. Gewöhnlich betrachtet man nun das Vorkommen einer Formation an einer bestimmten Gegend, wo sie am mächtigsten und deutlichsten sich entwickelt zeigt, als das maßgebende, und vergleicht damit das Auftreten derselben Formation in anderen Gegenden. Wo sie [illegible] vorkommen, lagern sie alle in der angegebenen Ordnung auf einander. Jede der unteren kann irgend eine beliebige [illegible] zur Unterlage haben und sie liegen oft [illegible] auf [illegible] [illegible] der Urformationen [illegible], [illegible] begonnen.

Die Urformationen, auch Urgebirgsformationen genannt, [illegible] man die Unterlage der ersten Versteinerungen enthaltenden Formationen [illegible] Es ist also hauptsächlich Thonschiefer, Glimmerschiefer, Gneiß und Granit, auf welchen diese jüngeren [illegible] und [illegible] danach diese Urformationen in eine [illegible] oder Urgebirgsformationen und in die [illegible] Urgebirgsformationen [illegible]. In ersterer ist der Gneiß das vorwaltende Formationsglied [illegible] mit [illegible] Glimmerschiefer. [illegible] oder sie [illegible] in einzelnen [illegible] und Lagern in demselben auf, [illegible] der Entstehung der Formen, unter

welchen dieſe Geſteine erſcheinen, ſchon erwähnt wurde, und wie es der Durchſchnitt durch das braſilianiſche Küſtengebirge p. 409 veranſchaulicht. In manchen Gegenden findet ſich auch, wiewohl ſpärlich, Kalk und Dolomit, meiſt in lagerartigen und ſtockförmigen Maſſen in dem Gneiße eingeſchloſſen; doch läßt der Kalk namentlich auch oft höchſt eigenthümliche Formen erkennen. Er erſcheint nämlich in Gangform, den Gneiß oder Granit durchſetzend, aderförmig in demſelben verlaufend, kleinere Maſſen von Granit umſchließend, und wiederum an anderen Stellen ganz von dieſem umgeben. Wie in dem Baſalte und vielen Grünſteinen und anderen maſſigen Gebilden iſt dieſer Kalk wahrſcheinlich ein ſpäteres Infiltrations- oder Zerſetzungsproduct; wenn er nicht allenfalls gleichzeitig mit jenen Geſteinen ſich aus Waſſer ausgeſchieden hat[8]). Daß auch noch in ſpäteren Zeiten ſich Gneiße, Granite u. ſ. w. gebildet haben, dafür haben wir im vorigen Kapitel Beweiſe angeführt. Es ſind alſo dieſe Geſteine nicht ausſchließlich auf die Urformation beſchränkt, wenn ſie ſchon in dieſer am häufigſten und am mächtigſten auftreten.

Was nun die eigentliche Urſchieferformation betrifft, ſo iſt dieſelbe weſentlich aus einem verſteinerungsleeren Thonſchiefer und Glimmerſchiefer, an manchen Orten auch aus Chlorit- und Talkſchiefer gebildet. Treten dieſe Gebilde geſondert oder mit einander wechſelnd auf, ſo bemerkt man, daß in der Regel der Glimmerſchiefer das ältere, der Thonſchiefer das jüngere Geſtein iſt. Es finden ſich auch zwiſchen dieſen oft ganz allmähliche Uebergänge, und zwar ebenſowohl von dem Glimmerſchiefer in feinkryſtalliniſchen Thonſchiefer, als von dieſem wiederum in gewöhnliche, gar nichts Kryſtalliniſches mehr zeigende Thonſchiefermaſſen. Kalkſteine, Dolomite, hie und da ſelbſt Gypſe treten auch in dieſer wie der vorhergehenden Abtheilung in untergeordneten Maſſen, als Lager und Stöcke, auf. In manchen Gegenden erſcheinen ſtatt des Glimmerſchiefers oder Thonſchiefers andere ſchiefrige Geſteine oder ſelbſt mit ihnen zugleich. Dahin gehört der Chlorit- und Talkſchiefer, der Itakolumit, der Kalkglimmerſchiefer, die wir pag. 356 ff. betrachtet haben, und ähnliche, als Modificationen dieſer Geſteine ſich darſtellende Gebilde. In der Regel ſind die Schichten aller dieſer Glieder der Urformation nicht horizontal gelagert, ſondern meiſt unter ſehr bedeutenden Winkeln geneigt. Daß ſie,

als die älteſten Gebilde, unter allen am häufigſten Störungen erlitten haben mögen, iſt ſehr wohl zu begreifen, da ſie an allen Theil nehmen mußten, welche die übrigen jüngeren Gebilde betrafen, deren Unterlage ſie ausmachen; daß aber dieſe ſteile Schichtenſtellung nicht bloß Folge von ſpäteren Störungen ſei, daß ſie in vielen Fällen eine urſprüngliche geweſen ſein muß, das haben wir ſchon weiter oben, pag. 337, erörtert. Im Fichtelgebirge, im Erz- und Rieſengebirge, in den Alpen, in Skandinavien iſt dieſe Urformation ſehr mächtig entwickelt. Ganz beſonders ausgebildet zeigt ſie ſich in Südamerika, wo ſie namentlich in Braſilien die herrſchende Formation in dem ganzen gebirgigen Theile dieſes Landes iſt und nur ſelten und ſpärlich von neueren Gebilden überlagert wird.

In keinem der erwähnten Glieder dieſer Formation hat man je Verſteinerungen angetroffen, und inſoferne iſt dieſelbe ſehr ſcharf von allen folgenden getrennt, wenn ſchon dieſelben Geſteine, welche in dieſer Periode ſich bildeten, auch in ſpäteren noch hie und da angetroffen werden. Man hat in vielen Thonſchiefern ſowohl, wie in anderen Gliedern dieſer Formation, Kohlenſtoff als Graphit, als Diamant und als unkryſtalliniſche kohlige feine Maſſe in manchen Kieſelſchiefern angetroffen, und daraus auf das Vorhandenſein von organiſchen Weſen auch ſchon in dieſer früheſten Periode der Erde geſchloſſen, da wir das Vorkommen dieſes allen organiſchen Gebilden weſentlichen Stoffes in jenen Geſteinen ohne die vorausgegangene Exiſtenz dieſer nicht begreifen können [9]). Wie dem auch ſein mag, ſo fehlen uns doch alle weiteren Spuren von dem Daſein jener früheſten Organismen, wir können daher auch nichts von ihnen angeben; ob Pflanzen allein, ob Thiere ſchon exiſtirten und welcher Art dieſelben waren, das iſt uns Alles unbekannt, die erſten ſicheren und deutlichen Reſte lebender Weſen finden wir erſt in den folgenden Formationen, die wir in dem nächſten Kapitel mit ihren Einſchlüſſen betrachten werden.

Man hat den Theil der Wiſſenſchaft, welcher ſich mit dieſen letzteren beſchäftigt, Petrefacten- oder Verſteinerungskunde genannt, weil in der Mehrzahl der Fälle dieſelben uns wirklich als eine ſteinige Maſſe aufbewahrt ſind. Neuerdings iſt dafür der höchſt unpaſſende Name Paläontologie (Lehre von den alten Weſen) aufgekommen. Da wir bei den einzelnen Formationen häufig auf

Gegenſtände dieſes Faches zurückkommen müſſen, wird es gut ſein, einiges Allgemeine aus demſelben vorauszuſchicken.

Es wird wohl Jeder, der die Verweslichkeit als eine Eigenſchaft der abgeſtorbenen organiſchen Weſen kennt, leicht begreifen, daß uns von den weichen Theilen des eigentlichen Thier- und Pflanzenkörpers in den Geſteinen faſt keine Spur mehr aufbewahrt iſt, und daß wir nur in den ſeltenſten Fällen noch etwas von denſelben in erkenntlichem Zuſtande antreffen. Was uns wohl erhalten iſt, das ſind in der Regel nur die harten, kalkigen, oder hornigen Theile des thieriſchen oder auch die holzigen, faſrigen des pflanzlichen Organismus. Am beſten conſervirt finden wir daher hauptſächlich Knochen und Zähne der höher organiſirten Thiere, und Muſcheln und Schalen, überhaupt die mineraliſchen kalkigen oder kieſeligen Gerüſte und Panzer der unvollkommeneren Weſen. Natürlich kommt es auch bei allen ſehr darauf an, welchen Einflüſſen ſie nach dem Tode des Thieres und dem Abſterben der Pflanze ausgeſetzt waren; ob ſie lange im Waſſer umhergerollt, ob ſie auf dem Lande der Fäulniß und den Einflüſſen der Witterung preisgegeben waren, oder ob ſie bald von den Maſſen, in welchen wir ſie antreffen, eingehüllt und ſo vor zerſtörenden Einflüſſen geſchützt blieben. In manchen Formationen und an manchen Localitäten finden wir daher die Reſte ſehr wohl erhalten, die zarteſten Theile noch kenntlich, und ſelbſt Reſte von Thieren, welche ſonſt nirgends Spuren hinterlaſſen haben, wie z. B. von Libellen und Schmetterlingen, während an anderen Stellen und zu anderen Zeiten ungünſtige Verhältniſſe die untergegangenen Organismen größtentheils in einem ſehr unkenntlichen Zuſtande zurückließen. Man faßt zwar gewöhnlich alle Arten der Erhaltung ſolcher Weſen unter dem Namen „Verſteinerung“ zuſammen, es iſt dieſes jedoch, wenn auch die häufigſte, doch nicht die einzige Weiſe, durch die ſie uns Spuren ihres Daſeins hinterlaſſen haben. Wir können dieſelben auf drei verſchiedene Arten zurückführen, nämlich 1) es iſt von den pflanzlichen oder thieriſchen Gebilden ſelbſt noch ein Theil ſeiner Maſſe oder auch Alles vorhanden; 2) es iſt an die Stelle derſelben eine andere fremde Subſtanz getreten, welche bis in die kleinſten Theilchen genau die Form deſſelben wiedergiebt; 3) die organiſche Materie iſt vollkommen verſchwunden und hat uns nur einen Abdruck in der ſie von außen umhüllenden Maſſe

oder, war es ein hohles Gebilde, einen s. g. Steinkern, der genau ihre innere Höhlung abformte, hinterlassen.

Der Name Versteinerung, wenn man darunter nicht bloß eigentliche steinige, sondern überhaupt mineralische Substanzen, also z. B. auch Erze u. dgl., versteht, paßt daher eigentlich nur auf die zweite Art. Bei der ersten sind gewöhnlich die eigentlich organischen, nicht mineralischen Stoffe, aus Knochen, Schalen u. s. w. ausgelaugt, oder bei Pflanzen sind außer dem Kohlenstoff fast alle anderen fortgegangen, es ist eine Verkohlung eingetreten, wie es z. B. die Steinkohlen erkennen lassen.

Aus dem bisher Gesagten wird man daher wohl entnehmen können, wie unvollkommen und besonders wie ungleichmäßig unsere Kenntnisse über die untergegangene Thier- und Pflanzenwelt sind. Während uns manche Klassen und Ordnungen des Thierreichs, wie z. B. die Muscheln, sehr wohl bekannt sind, wissen wir von anderen, welche keine festen Theile enthielten, und uns daher nur höchst spärliche Reste hinterließen, so gut wie gar nichts. Es sind daher auch nur wenige Ordnungen und Klassen, welche für die frühere Geschichte der Erde von besonderer Wichtigkeit sind und zwar größtentheils Bewohner des Meeres. Erst seit man angefangen hat, dieselben in ihren jetzt lebenden Repräsentanten genauer zu studiren, hat man rückwärts auf die frühere Organisation aus der jetzigen bestimmtere Schlüsse ziehen können, wie wir dieses schon früher an einem Beispiele, den Korallen, nachzuweisen Veranlassung hatten. Von großer Bedeutung sind die Pflanzenreste nur für einige Formationen; im Allgemeinen sind sie alle minder gut erhalten, und daher ist uns auch von der Entwicklung des pflanzlichen Lebens auf der Erde weniger bekannt, als von der des thierischen. Nach Bronn gehören sämmtliche bis jetzt gefundene Pflanzenreste höchstens 2055 Species an, während wir aus zwei Gattungen der Mollusken, den Ammoniten und Terebrateln, allein fast ebenso viele untergegangene Species kennen [10]).

Wir schicken der specielleren, bei Betrachtung der einzelnen Formationen folgenden Beschreibung der verschiedenen organischen Einschlüsse eine allgemeine Uebersicht der verschiedenen Klassen und Ordnungen des Thier- und Pflanzenreiches voraus. Bekanntlich hat man das erstere in zwei große Hauptabtheilungen gebracht, in die der Wirbelthiere und die der wirbellosen Thiere

und dieſe wieder in verſchiedene Klaſſen und Ordnungen zerſpalten. Namentlich bei den letzteren ſind die Unterabtheilungen nicht vollkommen übereinſtimmend, von dem Einen ſo, von dem Anderen anders gemacht worden, wir folgen hauptſächlich dem von C. v. Siebold in ſeinem Handbuche der vergleichenden Anatomie aufgeſtellten Syſteme, indem wir mit den niedrigſt organiſirten beginnen und zu den höheren Formen fortſchreiten.

Ernährung, Fortpflanzung, Empfindung und willkürliche Bewegung ſind diejenigen Eigenſchaften und Merkmale, welche allen Thieren zukommen, während die Pflanzen nur die beiden erſteren erkennen laſſen. Zu dieſen Verrichtungen bedürfen dieſelben nun beſtimmter dazu paſſender Werkzeuge, ſ. g. Organe. Nach der vollkommeneren oder unvollkommeneren Ausrüſtung mit ſolchen Organen, ihrer Combinirung zu ſogenannten Syſtemen (Ernährungs-, Fortpflanzungs-, Nervenſyſtem u. ſ. f.), hat man nun die ſämmtlichen Thiere in niedriger oder höher organiſirte eingetheilt. Während z. B. die unterſte Klaſſe eigentlich nur ein Organ, aus einer häutigen Zelle beſtehend, erkennen läßt, welches ſämmtliche Functionen zugleich verrichten muß, das ganze Thier eine Zelle iſt, finden ſich bei den höheren Thieren immer mehr verſchiedene Organe ein, welche nur einer beſtimmten Function vorzuſtehen haben. Wir geben im Folgenden eine kurze Ueberſicht der verſchiedenen Thierklaſſen:

### A. Evertebrata, wirbelloſe Thiere.

I. Protozoa, unregelmäßige äußere Form; die verſchiedenen Syſteme ſind nicht ſcharf von einander geſchieden, kein Nervenſyſtem wahrnehmbar.

1) Infuſorien, kleine mikroſkopiſche, aus einer oder mehreren Zellen beſtehende Thierchen.

2) Rhizopoden, Schnörkelkorallen, gallertartiger, meiſt in Abſchnitte getheilter, von einer meiſt kalkigen Schale umgebener Körper, der ſich mit fadenartigen Organen, welche aus feinen Oeffnungen hervortreten, fortbewegt.

II. Zoophyta, regelmäßige Form des Körpers; die Organe um einen Punkt oder eine Linie ſtrahlenförmig gelagert; um den Schlund herum liegt ein Ring von Nervenmaſſe, der Nervenfäden an verſchiedene Theile ausſendet.

3) Polypen, gallertartiger oder fleiſchiger Körper, der meiſt Kalk an beſtimmten Stellen abſondert (Korallen); um den Mund ſtrahlenförmige Fühler oder Arme; einfacher Darmkanal.

4) Acalephen oder Quallen, ganz von gallertiger Beſchaffenheit, daher keine Reſte verſteinert angetroffen werden.

5) Echinodermen, lederförmige, durch eingelagerte Kalkplatten verdickte Hülle; Darmkanal, Gefäßſyſtem deutlich entwickelt. Dieſe theilen ſich wieder in

a) Crinoiden oder Haarſterne, immer oder wenigſtens in der Jugend mit einem Stiele feſtgewachſen.

b) Aſteriden oder Seeſterne, lederartig, ſtrahlig (geologiſch unwichtig).

c) Echiniden oder Seeigel, kugeliges, kalkiges, mit Stacheln bedecktes Gehäuſe, nicht angewachſen.

III. Vermes oder Würmer, haben keine oder höchſt ſpärliche Reſte hinterlaſſen.

IV. Mollusca, Weichthiere; ſehr mannichfache Formen; eingehüllt von einem fleiſchigen Mantel, der bei den meiſten ein zwei- oder einſchaliges kalkiges Gehäuſe abſondert; Darmkanal; Gefäßſyſtem mit einem Herzen; Nervenmaſſe theils in Knoten (Ganglien) um den Schlund, theils im Körper vertheilt, welche durch Fäden mit einander in Verbindung ſtehen. Sie zerfallen in zwei Abtheilungen, in ſolche, welche keinen von dem übrigen Körper getrennten Kopf haben (Acephala) und in ſolche, welche einen ſolchen beſitzen (Cephalophora), und in viele Ordnungen, die außerordentlich zahlreich in den verſchiedenen Formationen repräſentirt ſind.

6) Brachiopoden, vollkommen ſymmetriſch gebaut, zweiklappiges Gehäuſe; zwei ſpiralig gewundene, mit Franſen beſetzte Arme, welche das kopfloſe Thier vorſtrecken kann; faſt alle ſind angewachſen. (Die Gattung Terebratula gehört hierher.)

7) Conchiferen, Muſcheln, zweiklappiges Gehäuſe, ohne Arme, ohne Kopf; die meiſten können kriechen; Kiemen.

8) Gaſteropoden, Schnecken, die Mehrzahl hat ein gewundenes Gehäuſe; deutlicher Kopf, mit Augen; Kiemen oder Lungen.

9) Cephalopoden, fleiſchige Arme um den großen Kopf; viele haben ein in einer Ebene ſpiralig gewundenes Gehäuſe, das in Kammern abgetheilt iſt. (Die Nautilus und die Ammoniten aus dieſer Ordnung ſind von beſonderer geologiſcher Wichtigkeit.)

V. Arthropoden, gegliederte Bewegungsorgane; vollkommen ſymmetriſche Form; Schlundganglienring und Bauchganglienkette; athmen durch Kiemen. Im Ganzen ſind wenige von denſelben als Verſteinerungen erhalten. Es gehören hierher die

10) Cruſtaceen oder Kruſtenthiere, die Krebſe z. B.;
11) Arachniden oder ſpinnenartige Geſchöpfe;
12) die Inſecten.

## B. Vertebrata, Wirbelthiere.

1) Fiſche, Körper mit Schuppen bedeckt; rothes, kaltes Blut; Kiemen; Herz mit einer Vorkammer und einer Herzkammer; Gliedmaſſen zu Floſſen verwandelt; legen Eier.
2) Amphibien, Körper nackt oder mit Schuppen bedeckt; rothes, kaltes Blut; Lungen; Herz mit zwei Vorkammern und einer Kammer; legen Eier.
3) Vögel, rothes, warmes Blut; Lungen; zwei Vorkammern und zwei Herzkammern; Körper mit Federn bedeckt; Flügel ſtatt der vorderen Gliedmaßen; legen Eier.
4) Säugethiere, rothes, warmes Blut; Lungen; Herz mit zwei Vorkammern und zwei Kammern; gebären lebendige Junge, die ſie ſäugen; Körper ganz oder theilweiſe mit Haaren bedeckt.

Viel weniger gut und in viel geringerer Anzahl erhalten ſind die Pflanzen. Wie wir oben ſchon erwähnten, kommt den Pflanzen nur Ernährung und Fortpflanzung zu; alle ihre Theile dienen oder haben einmal einem dieſer beiden Zwecke gedient. Wie bei den Thieren finden wir auch unter den Pflanzen ſolche, welche nur aus einer oder mehreren aneinander gereihten Zellen beſtehen; aber ſelbſt bei den höher entwickelten Pflanzen giebt ſich die Mannichfaltigkeit der Entwickelung zu verſchiedenen Organen, wie in dem Thierreiche, nicht zu erkennen. Es ſind eigentlich nur zwei, in der äußeren Form allerdings oft ſehr verſchiedene, aber doch

lichen versteinerungsführenden Formationen in ihrer natürlichen Aufeinanderfolge von unten nach oben enthält, sich ergiebt:

I. Gruppe: primäre oder paläozoische Formationen:
   1) silurische oder ältere Uebergangsformation,
   2) devonische oder jüngere Uebergangsformation,
   3) Steinkohlenformation,
   4) Permische oder Zechsteinformation, Rothliegendes ꝛc.

II. Gruppe: secundäre Formationen:
   5) Triasformation oder die Formation des bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers,
   6) Juraformation,
   7) Kreideformation.

III. Gruppe:
   8) tertiäre Formation.

Wir haben schon erwähnt, daß nirgends auf der Erde alle diese Formationen ganz gleichmäßig vorkämen, sie zeigen an verschiedenen Orten eine verschiedene Ausbildung. Gewöhnlich betrachtet man nun das Vorkommen einer Formation an einer bestimmten Localität, wo sie am mächtigsten und deutlichsten sich entwickelt zeigt, als das maaßgebende, und vergleicht damit das Auftreten derselben Formation in anderen Gegenden. Wo sie und wie viele ihrer aber auch vorkommen, folgen sie alle in der angegebenen Ordnung auf einander. Jede der jüngeren kann irgend eine beliebige ältere zur Unterlage haben und so liegen oft sehr junge unmittelbar auf sehr alten, ja hie und da unmittelbar auf der Urformation selbst, mit der wir, als der ältesten, beginnen.

Die Urformation, auch Urschieferformation genannt. Wo man die Unterlage der ältesten, Versteinerungen enthaltenden Formationen wahrnehmen kann, besteht dieselbe entweder aus schiefrigen Gesteinen oder solchen der Granitfamilie. Es ist also hauptsächlich Thonschiefer, Glimmerschiefer, Gneiß und Granit, auf welchen diese gelagert erscheinen, und Naumann hat darnach diese Urformation in eine primitive oder Urgneißformation und in die eigentliche Urschieferformation getheilt. In ersterer ist der Gneiß das vorwaltende Formationsglied, doch wechseln mit demselben häufig Granit, Glimmerschiefer, Syenit, Hornblendegesteine ab, oder sie treten in einzelnen Schichten und Lagern in demselben auf, wie es bei der Besprechung der Formen, unter

welchen dieſe Geſteine erſcheinen, ſchon erwähnt wurde, und wie es der Durchſchnitt durch das braſilianiſche Küſtengebirge p. 409 veranſchaulicht. In manchen Gegenden findet ſich auch, wiewohl ſpärlich, Kalk und Dolomit, meiſt in lagerartigen und ſtockförmigen Maſſen in dem Gneiße eingeſchloſſen; doch läßt der Kalk namentlich auch oft höchſt eigenthümliche Formen erkennen. Er erſcheint nämlich in Gangform, den Gneiß oder Granit durchſetzend, aderförmig in demſelben verlaufend, kleinere Maſſen von Granit umſchließend, und wiederum an anderen Stellen ganz von dieſem umgeben. Wie in dem Baſalte und vielen Grünſteinen und anderen maſſigen Gebilden iſt dieſer Kalk wahrſcheinlich ein ſpäteres Infiltrations- oder Zerſetzungsproduct; wenn er nicht allenfalls gleichzeitig mit jenen Geſteinen ſich aus Waſſer ausgeſchieden hat[8]). Daß auch noch in ſpäteren Zeiten ſich Gneiße, Granite u. ſ. w. gebildet haben, dafür haben wir im vorigen Kapitel Beweiſe angeführt. Es ſind alſo dieſe Geſteine nicht ausſchließlich auf die Urformation beſchränkt, wenn ſie ſchon in dieſer am häufigſten und am mächtigſten auftreten.

Was nun die eigentliche Urſchieferformation betrifft, ſo iſt dieſelbe weſentlich aus einem verſteinerungsleeren Thonſchiefer und Glimmerſchiefer, an manchen Orten auch aus Chlorit- und Talkſchiefer gebildet. Treten dieſe Gebilde geſondert oder mit einander wechſelnd auf, ſo bemerkt man, daß in der Regel der Glimmerſchiefer das ältere, der Thonſchiefer das jüngere Geſtein iſt. Es finden ſich auch zwiſchen dieſen oft ganz allmähliche Uebergänge, und zwar ebenſowohl von dem Glimmerſchiefer in feinkryſtalliniſchen Thonſchiefer, als von dieſem wiederum in gewöhnliche, gar nichts Kryſtalliniſches mehr zeigende Thonſchiefermaſſen. Kalkſteine, Dolomite, hie und da ſelbſt Gypſe treten auch in dieſer wie der vorhergehenden Abtheilung in untergeordneten Maſſen, als Lager und Stöcke, auf. In manchen Gegenden erſcheinen ſtatt des Glimmerſchiefers oder Thonſchiefers andere ſchiefrige Geſteine oder ſelbſt mit ihnen zugleich. Dahin gehört der Chlorit- und Talkſchiefer, der Itakolumit, der Kalkglimmerſchiefer, die wir pag. 356 ff. betrachtet haben, und ähnliche, als Modificationen dieſer Geſteine ſich darſtellende Gebilde. In der Regel ſind die Schichten aller dieſer Glieder der Urformation nicht horizontal gelagert, ſondern meiſt unter ſehr bedeutenden Winkeln geneigt. Daß ſie,

als die älteſten Gebilde, unter allen am häufigſten Störungen erlitten haben mögen, iſt ſehr wohl zu begreifen, da ſie an allen Theil nehmen mußten, welche die übrigen jüngeren Gebilde betrafen, deren Unterlage ſie ausmachen; daß aber dieſe ſteile Schichtenſtellung nicht bloß Folge von ſpäteren Störungen ſei, daß ſie in vielen Fällen eine urſprüngliche geweſen ſein muß, das haben wir ſchon weiter oben, pag. 337, erörtert. Im Fichtelgebirge, im Erz- und Rieſengebirge, in den Alpen, in Skandinavien iſt dieſe Urformation ſehr mächtig entwickelt. Ganz beſonders ausgebildet zeigt ſie ſich in Südamerika, wo ſie namentlich in Braſilien die herrſchende Formation in dem ganzen gebirgigen Theile dieſes Landes iſt und nur ſelten und ſpärlich von neueren Gebilden überlagert wird.

In keinem der erwähnten Glieder dieſer Formation hat man je Verſteinerungen angetroffen, und inſoferne iſt dieſelbe ſehr ſcharf von allen folgenden getrennt, wenn ſchon dieſelben Geſteine, welche in dieſer Periode ſich bildeten, auch in ſpäteren noch hie und da angetroffen werden. Man hat in vielen Thonſchiefern ſowohl, wie in anderen Gliedern dieſer Formation, Kohlenſtoff als Graphit, als Diamant und als unkryſtalliniſche kohlige feine Maſſe in manchen Kieſelſchiefern angetroffen, und daraus auf das Vorhandenſein von organiſchen Weſen auch ſchon in dieſer früheſten Periode der Erde geſchloſſen, da wir das Vorkommen dieſes allen organiſchen Gebilden weſentlichen Stoffes in jenen Geſteinen ohne die vorausgegangene Exiſtenz dieſer nicht begreifen können [9]). Wie dem auch ſein mag, ſo fehlen uns doch alle weiteren Spuren von dem Daſein jener früheſten Organismen, wir können daher auch nichts von ihnen angeben; ob Pflanzen allein, ob Thiere ſchon exiſtirten und welcher Art dieſelben waren, das iſt uns Alles unbekannt, die erſten ſicheren und deutlichen Reſte lebender Weſen finden wir erſt in den folgenden Formationen, die wir in dem nächſten Kapitel mit ihren Einſchlüſſen betrachten werden.

Man hat den Theil der Wiſſenſchaft, welcher ſich mit dieſen letzteren beſchäftigt, Petrefacten- oder Verſteinerungskunde genannt, weil in der Mehrzahl der Fälle dieſelben uns wirklich als eine ſteinige Maſſe aufbewahrt ſind. Neuerdings iſt dafür der höchſt unpaſſende Name Paläontologie (Lehre von den alten Weſen) aufgekommen. Da wir bei den einzelnen Formationen häufig auf

Gegenſtände dieſes Faches zurückkommen müſſen, wird es gut ſein, einiges Allgemeine aus demſelben vorauszuſchicken.

Es wird wohl Jeder, der die Verweslichkeit als eine Eigenſchaft der abgeſtorbenen organiſchen Weſen kennt, leicht begreifen, daß uns von den weichen Theilen des eigentlichen Thier- und Pflanzenkörpers in den Geſteinen faſt keine Spur mehr aufbewahrt iſt, und daß wir nur in den ſeltenſten Fällen noch etwas von denſelben in erkenntlichem Zuſtande antreffen. Was uns wohl erhalten iſt, das ſind in der Regel nur die harten, kalkigen, oder hornigen Theile des thieriſchen oder auch die holzigen, faſrigen des pflanzlichen Organismus. Am beſten conſervirt finden wir daher hauptſächlich Knochen und Zähne der höher organiſirten Thiere, und Muſcheln und Schalen, überhaupt die mineraliſchen kalkigen oder kieſeligen Gerüſte und Panzer der unvollkommeneren Weſen. Natürlich kommt es auch bei allen ſehr darauf an, welchen Einflüſſen ſie nach dem Tode des Thieres und dem Abſterben der Pflanze ausgeſetzt waren; ob ſie lange im Waſſer umhergerollt, ob ſie auf dem Lande der Fäulniß und den Einflüſſen der Witterung preisgegeben waren, oder ob ſie bald von den Maſſen, in welchen wir ſie antreffen, eingehüllt und ſo vor zerſtörenden Einflüſſen geſchützt blieben. In manchen Formationen und an manchen Localitäten finden wir daher die Reſte ſehr wohl erhalten, die zarteſten Theile noch kenntlich, und ſelbſt Reſte von Thieren, welche ſonſt nirgends Spuren hinterlaſſen haben, wie z. B. von Libellen und Schmetterlingen, während an anderen Stellen und zu anderen Zeiten ungünſtige Verhältniſſe die untergegangenen Organismen größtentheils in einem ſehr unkenntlichen Zuſtande zurückließen. Man faßt zwar gewöhnlich alle Arten der Erhaltung ſolcher Weſen unter dem Namen „Verſteinerung“ zuſammen, es iſt dieſes jedoch, wenn auch die häufigſte, doch nicht die einzige Weiſe, durch die ſie uns Spuren ihres Daſeins hinterlaſſen haben. Wir können dieſelben auf drei verſchiedene Arten zurückführen, nämlich 1) es iſt von den pflanzlichen oder thieriſchen Gebilden ſelbſt noch ein Theil ſeiner Maſſe oder auch Alles vorhanden; 2) es iſt an die Stelle derſelben eine andere fremde Subſtanz getreten, welche bis in die kleinſten Theilchen genau die Form deſſelben wiedergiebt; 3) die organiſche Materie iſt vollkommen verſchwunden und hat uns nur einen Abdruck in der ſie von außen umhüllenden Maſſe

Entstehung jener Gebilde vom Pol nach dem Aequator zu dieselben klimatischen Verhältnisse herrschten und die Einwürfe gegen die Annahme der Gleichzeitigkeit gleiche Versteinerungen enthaltender Bildungen sind beseitigt. Gegenwärtig kennt man aber hauptsächlich nur die Gegenden mit gemäßigterem Klima genau und konnte jener Bedingung daher noch nicht genügen. Man hat nun hie und da angenommen, um die überall gleichmäßig in gleicher Aufeinanderfolge der Organismen fortschreitende Entwicklung in den verschiedenen Gegenden zu erklären, die Organisation sei von den Polen gegen den Aequator zu fortgeschritten. An den Polen habe sich die Erde zuerst abgekühlt, und die Entwicklung von Organismen zuerst ihren Anfang genommen, dann habe sie auf derselben niederen Stufe in gemäßigten Klimaten begonnen und denselben Fortgang genommen, endlich auch unter dem Aequator in derselben Weise, so daß wohl überall dieselbe Reihenfolge in dem Entwicklungsgange angetroffen werde; die Annahme der Geichzeitigkeit der gleiche Versteinerungen enthaltenden Bildungen sei aber nicht nöthig. Es würde dann folgendes Schema dieses veranschaulichen, in dem wir die verschiedenen Entwicklungsstufen der Organisation mit 1, 2, 3, 4 bezeichnen wollen, und die frühesten Zeiten, in welchen sie noch nicht an einer Gegend vorhanden waren, mit 0. Nehmen wir nun nur drei Zonen an, so erhalten wir

I. Polarzone . . . . . 0 1 2 3 4
II. Gemäßigte Zone . 0 0 1 2 3 4
III. Aequatorialzone . . 0 0 0 1 2 3 4,

d. h. während an den Polen die erste Organisationsstufe Stufe war, hatte II. und III. noch keine; während in I. die Stufe 2, begann in II. die erste (1) u. s. f., so daß die unter einander stehenden Zahlen jedesmal gleichzeitige Organisationsstufen bezeichnen. Man sieht daraus leicht, welche Consequenzen aber diese Annahme zu Folge hat; da die verschiedenen Zonen nicht durch Mauern von einander abgeschlossen waren, so hätten sich an den Grenzen die Thierreste mit einander vermischen müssen, wir würden also zwischen I. und II. Versteinerungen der 1. und 2., 2. und 3., 3. und 4. Reihe vermischt antreffen; dies ist aber bisher nirgends der Fall gewesen. Ebenso müßten von dem Pole nach dem Aequator zu die ersten versteinerungsleeren sedimentären Gebilde immer mehr an Mächtigkeit zunehmen, denn während sich in I. Gebilde mit den Resten der beiden ersten Organisationsstufen gefüllt niederschlugen, fielen an dem Aequator noch immer versteinerungsleere Massen nieder. Will man diese Schwierigkeit vermeiden, so muß man andere, ganz willkürliche, ebenso unerklärliche Verhältnisse voraussetzen, so daß auch aus diesem Grunde die Annahme die einfachste und befriedigendste erscheint, daß gleiche Versteinerungen für gleichzeitige Entstehung der geschichteten Massen sprechen.

[5]) zu S. 475. Wir haben pag. 153 Anm. 4 von der s. g. Diffusion der Gase gesprochen, durch welche ein Gemenge derselben in einem bestimmten Raume sich stets ganz gleichmäßig so vertheilt, daß jedes den ganzen Raum ausfüllt, als ob es allein vorhanden wäre, und daß ein an einem Orte sich entwickelndes Gas sehr rasch sich allgemein verbreitet und vertheilt. In ähnlicher Weise nun verhalten sich die in ein und derselben Flüssigkeit aufgelösten Substanzen. Auch sie vertheilen sich nach und nach gleichmäßig in dieser, doch geht dieses viel langsamer als bei der Luft, wie die schönen Versuche von Graham dargethan haben. Kommt daher an einer Stelle des Meeres durch einen Fluß eine bestimmte aufgelöste Substanz in dasselbe, so vertheilt sie sich nach und nach in der ganzen Wassermasse; doch wird ihre Menge immer geringer, je weiter man von dem Punkte sich entfernt, an welchem sie durch den Fluß eingeführt wird. Das allmähliche Dünnerwerden und endliche Verschwinden, das Auskeilen (pag. 330) einer Schichte läßt sich aus dieser Eigenthümlichkeit der Diffusion von Flüssigkeiten leicht erklären.

[6]) zu S. 475. Es sind hier nur ganz im Allgemeinen die Verhältnisse berührt, welche für die Beurtheilung der Umstände, unter welchen sich die einzelnen Formationen bildeten, von Wichtigkeit sind und von denen uns noch

sehr viele ganz unbekannt sein mögen. Sie können selbst an räumlich einander sehr nahe stehenden Punkten verschieden sein, und daher werden wir auch oft sehr verschiedene Thiere und Pflanzen an gar nicht weit von einander abstehenden Orten antreffen. So sind die Korallen, Mollusken und Fische des mittelländischen Meeres und des rothen Meeres, obwohl sie nur durch die schmale Landenge von Suez getrennt sind, ganz verschieden von einander. Von den 120 Korallen, die Ehrenberg im rothen Meere fand, existiren nur 2 zugleich im mittelländischen. Der indische und der große Ocean haben von 306 Korallenspecies, die in beiden zusammen gefunden werden, nur 27, welche zugleich in beiden leben. d'Orbigny fand, daß nur eine einzige Species von Mollusken der Ost- und Westküste Südamerika's zugleich angehöre, diese hat 205 meist auf Felsengrund, jene 156 fast nur auf einem sandigen Boden lebende Arten. Von 197 an den Küsten von Massachusets lebenden Species finden sich nur 70 an den in gleicher Breite gelegenen Küsten Europa's. Nach den Untersuchungen Philippi's über die Fauna des mittelländischen Meeres von Unteritalien und Sicilien im Vergleiche mit denen anderer Meere hat sich ergeben, daß die Conchiferen (Muscheln) verhältnißmäßig die größte Uebereinstimmung mit denen entfernter Gegenden haben, die geringste die Gasteropoden (Schnecken). So hat Großbrittannien 42% der ersteren, von letzteren 33%, das rothe Meer hat 23% Conchiferen und 18% Gasteropoden, das Meer an den Küsten Grönland's nur 6 Species mit Unteritalien gemein. Philippi bemerkt, daß gerade die an einem Orte häufigsten und gemeinsten Species es nicht sind, welche zugleich an den anderen angetroffen werden. Die hier kurz besprochenen Verhältnisse sind in Naumann's Lehrbuch II. p. 27—45 ausführlicher erörtert.

7) zu S. 477. Für den Ausdruck Formation gebrauchen französische Geologen die Bezeichnung terrain, die Engländer system. Die einzelnen Formationen sind nun ebenfalls wieder sehr verschieden bezeichnet worden. Werner unterschied 1) ein Ur- oder Grundgebirge, welches mit unserer Urformation zusammenfällt, also die ältesten versteinerungsleeren Gebilde umfaßt. 2) Uebergangsgebirge, sämmtliche Formationen unserer paläozoischen Gruppe mit Ausnahme der permischen Formation, die er schon zu seiner nächsten Abtheilung rechnete, 3) Flötz- oder secundäres Gebirge, alle Formationen vom Zechstein bis zur Kreide inclusive. 4) Tertiäre u. s. f., wie es jetzt noch geschieht. Die verschiedenen andern Bezeichnungen der einzelnen Formationen werden wir bei Besprechung derselben mittheilen.

8) zu S. 479. Diese Kalklager treten in diesen Gesteinen zum Theil unter höchst eigenthümlichen Formen und Verhältnissen auf. In den Pyrenäen hatte man sie schon seit lange in Verbindung mit Granit in lagerförmigen Massen kennen gelernt, das interessanteste Vorkommen möchte jedoch im Staate New-York beobachtet worden sein. „Da sieht man theils kleine, ganz unregelmäßig contourirte, ringsum von Granit umschlossene Kalksteinstöcke, theils keilförmige Apophysen (Verzweigungen), mit welchen der unter dem Syenite oder Granite anstehende Kalkstein in das überliegende Gestein eindringt, wie bei Halesborough und Lyndhurst; theils einfache, parallele und regelmäßige oder auch verzweigte, gewundene und unregelmäßige Kalksteingänge, wie bei Gouverneur; endlich auch Kalksteinlager, welche scharfkantige Bruchstücke verschiedener primitiver Gesteine umschließen. Im Contacte sind der Granit und der Kalkstein meist scharf getrennt, bisweilen aber sehr innig mit einander gemengt und verflößt" (Naumann, a. a. O. II. p. 230). Aehnliche Gänge von Kalkstein hat man im Granite der Sevennen von 2—10 Meter Dicke fast senkrecht stehend mit Quarz, Blende, Bleiglanz und Bleicarbonat angetroffen. Man hat diese Art des Vorkommens von kohlensaurem Kalke als einen Beweis ansehen wollen, daß derselbe geschmolzen gewesen und im flüssigen Zustande in Spalten jener Gesteine eingedrungen sei. Es ist eine bekannte Thatsache, daß kohlensaurer Kalk in der Hitze seine Kohlensäure fahren läßt, zu s. g. gebranntem Kalke wird; man hat nun der Annahme vom heißflüssigen Zustande kohlensauren Kalkes, der wieder fest werde, ohne Kohlensäure verloren zu haben, von jeher

dieſes als Einwand gemacht. Darauf hat nun Hall jene oft citirten Experimente angeſtellt (Transact. of the R. Soc. of Edinb. 1804), welche zeigten, daß kohlenſaurer Kalk in verſchloſſenen Gefäßen allerdings geſchmolzen werden könne, ohne ſeine Kohlenſäure zu verlieren, indem bei einem ſehr bedeutenden Drucke, wie er in geſchloſſenen Gefäßen bei hoher Temperatur jener Maſſen durch die ungeheuere Spannung der mit eingeſchloſſenen Luft, wie der geringen, im Anfange gasförmig entweichenden Kohlenſäuremenge wirklich erzeugt wird, das Entweichen derſelben unmöglich gemacht wird. Unter ſehr hohem Drucke geſchmolzener Kalk könnte daher auch als geſchmolzene Maſſe in andere Geſteine eindringen und nachher erſtarren. Wird auch dieſe Möglichkeit im Allgemeinen zugeſtanden, ſo kann ſie doch keineswegs für die in Rede ſtehenden Fälle zugegeben werden. Es kann nämlich wohl der Kalk für ſich allein bei hohem Drucke geſchmolzen werden, ohne ſeine Kohlenſäure zu verlieren, aber er kann nicht in Verbindung mit anderen Säuren ſtark erhitzt werden, ohne daß die Kohlenſäure ausgetrieben wird. Die Verſuche von Schafhäutl haben auf das Entſchiedenſte dargethan, daß kohlenſaurer Kalk, mit Kieſelſäure gemengt, einer ſtarken Hitze ausgeſetzt, ſtets, wie auch zu erwarten war, kieſelſauren Kalk bildet, und die Kohlenſäure entweichen läßt. Es kann alſo unmöglich geſchmolzener kohlenſaurer Kalk in ein granitiſches, freie Kieſelſäure, als Quarz, in großer Menge enthaltendes Geſtein eingedrungen ſein, ohne daß kieſelſaurer Kalk entſtanden wäre. Da wir dieſes aber nicht wahrnehmen und überall, wo wir dies nicht wahrnehmen, können wir unmöglich den Kalk als eine eruptive, im geſchmolzenen Zuſtande eingedrungene Maſſe anſehen. Es bleibt daher nur die Annahme übrig, daß er auf wäſſerigem Wege entſtanden ſei, entweder gleichzeitig mit dem Granite ꝛc. ſelbſt, oder durch ſpätere Infiltrationsproceſſe, wie die vielen ſchon erwähnten Kalkadern und Gänge im Baſalte z. B. Die Verhältniſſe des einzelnen Falles müſſen darüber entſcheiden, welches die wahrſcheinlichere Annahme ſei. Das Vorkommen von Graphit in jenem Kalke von New-York zeigt ebenfalls auf das Allerbeſtimmteſte, daß er nicht geſchmolzen geweſen ſein kann, denn reiner Kohlenſtoff, wie der Graphit, zerſetzt ſchon bei nicht ſehr hoher Temperatur kohlenſauren Kalk zu Kalk und Kohlenoxydgas; und davon ſehen wir, trotz der bedeutenden Menge von Graphit, in jenem Kalke ebenfalls nichts. Wir verweiſen wegen der Entſtehung ſolcher Kalkmaſſen auf das oft citirte Werk von Biſchof II. p. 961 ff., wo die Unmöglichkeit einer eruptiven Entſtehung des Kalkſteines ausführlich erörtert iſt.

9) zu S. 480. Neptuniſten wie Plutoniſten ſtimmen darin überein, daß der reine Kohlenſtoff aus der Kohlenſäure der Atmoſphäre ſtamme. Aus dieſer wird er von den Pflanzen und aus den Pflanzen in den thieriſchen Organismus aufgenommen. In der anorganiſchen Natur kommt er nur mit Sauerſtoff verbunden, als Kohlenſäure vor, zu welcher der letztere eine ſehr große Verwandtſchaft hat. Wir kennen keinen Vorgang im Mineralreiche, welcher im Stande wäre, die Kohlenſäure zu zerſetzen, wohl iſt dieſes aber den organiſchen Weſen möglich, und ebenſo kennen wir als einzige Quelle der Ausſcheidung des Kohlenſtoffes ſowohl aus ſeinen Verbindungen mit Sauerſtoff, als mit Waſſerſtoff, die ſ. g. Verkohlung, d. h. unvollkommene Verbrennung und die Verweſung organiſcher Gebilde. In der Natur treffen wir den Kohlenſtoff kryſtalliniſch und unkryſtalliniſch und theilweiſe auch noch in der Form jener organiſchen Gebilde an, aus deren Verweſung er entſtanden iſt, wie z. B. in Pflanzenform als Steinkohle. Der Kohlenſtoff gehört, wie ſchon pag. 387 Anm. 19 erwähnt wurde, zu den dimorphen Körpern. Er kryſtalliſirt als Diamant und als Graphit. Von dem Diamante wiſſen wir jetzt beſtimmt (cfr. v. Helmreichen, über das geognoſtiſche Vorkommen der Diamanten, 1846), daß in Braſilien wenigſtens ſeine urſprüngliche Lagerſtätte der Itakolumit, alſo ein Gebilde der Urſchieferformation, iſt. Wenn es auch noch nicht gelungen iſt, den Diamant künſtlich darzuſtellen, ſo iſt doch kein Zweifel mehr darüber, daß er ein Zerſetzungsproduct organiſcher kohlenſtoffreicher Subſtanzen iſt. „Denken wir uns“, ſagt Liebig, „die Verweſung in einer Flüſſigkeit vor ſich gehen, welche reich iſt an

Kohlenstoff und Wasserstoff, so wird, ähnlich, wie bei der Erzeugung der kohlereichsten krystallinischen Substanz des farblosen Naphthalins, aus gasförmigen Kohlenwasserstoff-Verbindungen eine an Kohlenstoff stets reichere Verbindung gebildet werden, aus der sich zuletzt als Endresultat ihrer Verwesung Kohlenstoff in Substanz, und zwar krystallinisch abscheiden muß. Die Wissenschaft bietet außer dem Processe der Verwesung keine Analogie für die Entstehung des Diamanten dar. Man weiß gewiß, daß er seine Bildung nicht dem Feuer verdankt; denn hohe Temperatur und Gegenwart von Sauerstoff sind mit seiner Verbrennlichkeit nicht vereinbar; man hat im Gegentheile überzeugende Gründe, daß er auf nassem Wege, daß er in einer Flüssigkeit sich gebildet hat, und der Verwesungsproceß allein giebt eine bis zu einem gewissen Grade befriedigende Vorstellung über seine Entstehungsweise" (die organische Chemie u. s. w. p. 473). Sehr interessant sind in dieser Beziehung solche Diamanten, in denen kleine Kohlenstückchen eingeschlossen sind, sie zeigen, daß unter gewissen Umständen die Verhältnisse, welche für die Krystallisirung des Kohlenstoffs zu Diamant nöthig sind, eine Störung erlitten haben müssen, wodurch sich derselbe als Kohle ausschied. Vielleicht fand ein äußerst langsames und gleichmäßiges Freiwerden des Kohlenstoffs bei der Bildung des Diamanten Statt, während ein etwas schnelleres und unregelmäßiges Ausscheiden dieses Stoffes diese Art seiner Krystallisation nicht gestattete. Mit den atmosphärischen Wassern durchdringen öfter organische also kohlenstoffhaltige Verbindungen die Gesteine. Es können daher auch in die zur Urformation gehörigen Gebilde später auf diese Weise solche Massen eingeführt und dadurch zur Abscheidung von Diamant, Graphit ꝛc. Veranlassung gegeben haben.

10) zu S. 482. Die Versteinerungskunde ist gegenwärtig zu einem äußerst umfangreichen Theile der Zoologie angewachsen, der von Tag zu Tag noch immer mehr anschwillt, und eine außerordentlich reiche Literatur besitzt. Als die hauptsächlichsten Werke, welche eine Uebersicht über sämmtliche Thier- und Pflanzenreste geben, sind zu nennen: Bronn, Lethaea geognostica, 3. Aufl. mit einem schönen Atlas. Geinitz, Grundriß der Versteinerungskunde, 1846. Giebel, Fauna der Vorwelt, 1848. Quenstedt, Petrefactenkunde Deutschland's, 1846.

# Neunzehntes Kapitel.

Paläozoiſche Formationen. 1) Siluriſche, 2) devoniſche, 3) Steinkohlen-, 4) permiſche Formation. Organiſation der Pflanzen- und Thierwelt dieſer Gruppe.

## I. Gruppe: Paläozoiſche oder primäre Formationen.

1) Siluriſche Formation oder ältere Grauwackenformation, und
2) devoniſche Formation oder jüngere Grauwackenformation.

Bis zum Jahre 1833 hatte man ſämmtliche, unter der Steinkohlenformation liegende, verſteinerungsführende Gebilde als zu einer Formation gehörig betrachtet, eine Annahme, welche durch die Gleichartigkeit der Lagerungsverhältniſſe und durch die Uebereinſtimmung der mineralogiſchen Zuſammenſetzung der ſämmtlichen Glieder jener Schichtenſyſteme an vielen Orten vollkommen gerechtfertigt erſchien. In dieſem Jahre ſtellte R. J. Murchiſon in England durch ſeine Unterſuchungen feſt, daß man zwei ſehr wohl von einander zu trennende Formationen vor der Steinkohlenformation annehmen müſſe. Da die eine dieſer beiden Formationen in Wales, dem Wohnſitze der alten Siluren, die andere in Devonſhire beſonders mächtig und deutlich entwickelt ſind, ſo gab Murchiſon jener älteren den Namen ſiluriſche, dieſer jüngeren die Bezeichnung devoniſche Formation, welche Benennungen allgemein angenommen wurden. Wir werden uns bei ihrer Schilderung auch hauptſächlich an das Vorkommen dieſer beiden Formationen in England halten und daran das einiger anderer Länder anreihen.

Was zunächſt die mineralogiſche Zuſammenſetzung dieſer beiden Formationen betrifft, ſo beſtehen ſie hauptſächlich aus Sandſteinen, Thonſchiefern und Kalkſteinen, die häufig und regellos mit einander wechſeln, zuweilen in einander übergehen und untergeordnete Lager

von Dolomit, Gyps, Mergel ꝛc. enthalten. Eine eigenthümliche Sandsteinart, welche charakteristisch für diese Formationen ist, und den Namen Grauwacke führt, hat den Namen Grauwackenformationen veranlaßt. Diese Grauwacke besteht aus runden und eckigen Quarzkörnern, auch Thonschieferstückchen von meist graulich schwarzer Farbe, welche durch eine Thonschiefermasse, auch wohl etwas Kieselerde, zusammengekittet sind; hie und da mengen sich auch Glimmerblättchen und Feldspathfragmente bei. Sie wird oft sehr feinkörnig und geht, namentlich wenn die Glimmerblättchen überhand nehmen, in den s. g. Grauwackenschiefer über. Der Menge nach sind in diesen Formationen Grauwacke und Schiefer vorherrschend, die Kalke mehr untergeordnet. In Südwales hat die silurische Formation allein eine Mächtigkeit von 10000 bis 12000 Fuß, die devonische eine Mächtigkeit von 4000 bis 7000 Fuß. In Pensylvanien haben sie zusammen nach H. Rogers sogar eine Mächtigkeit von 30000 Fuß, woraus man einen Schluß auf die lange Dauer der Periode, in welcher sich diese Gesteine bildeten, ziehen kann.

1) Die silurische Formation ist von Murchison in zwei Abtheilungen, in eine untere und in eine obere, mit verschiedenen Gruppen von Gebilden gebracht worden, welche nach englischen Localitäten benannt worden sind. Die untere beginnt

a) mit dunklen, oft stark sandigen, in Platten abgesonderten Thonschiefermassen (den Llandeiloschiefern), welche eine Mächtigkeit von 1200 Fuß erreichen, und hie und da Kalksteinschichten einschließen. Auf sie folgen

b) Sandsteine oder Grauwacken (Caradocsandstein), die eine Dicke von 2500 Fuß erlangen und verschiedenartig erscheinen, bald roth, bald gelblich, dick- und dünnschichtig u. s. f. Mit ihnen schließt die untere Abtheilung; die obere enthält folgende Gebilde:

c) Dunkle Schiefer (Wenlockschiefer), welche übergehen in

d) Kalksteine (Wenlockkalksteine), die theils als Kalksteinnieren von Thonschiefermassen zusammengehalten werden, theils aber auch, namentlich in der Mitte dieser Gruppe, aus großen reinen Kalkmassen bestehen, die reich an Korallen sind. An sie reihen sich nun wieder

e) Schiefer, (Ludlowschiefer), welche in untere und obere

Schiefer durch ein bis 50 Fuß mächtiges Kalksteinlager (Aymestrykalk) geschieden werden. Auf sie folgt nun unmittelbar

2) die devonische Formation, auch old red sandstone genannt, welche in Südwales größtentheils aus röthlichen Sandsteinen besteht. Die unterste Abtheilung besteht aus feinen, harten, in dünnen Platten sich absondernden Sandsteinen, dem s. g. Tilestone, welcher jetzt häufig auch noch zur silurischen Formation gerechnet wird. Auf sie folgen die s. g. Kornsteine (cornstone). Es sind bunte Mergel, die mit thonigen Sandsteinen und unreinen Kalken abwechseln, in denen sich viele kleine, kornartige Concretionen finden. Die oberste Abtheilung wird von dickgeschichteten, viele Conglomerate einschließenden Sandsteinen gebildet, die ebenfalls häufig mit bunten Mergeln abwechseln, meist braunroth gefärbt sind, die unmittelbare Unterlage der Steinkohlenformation bilden und selbst schon hie und da geringe Mengen Kohlen eingeschlossen enthalten.

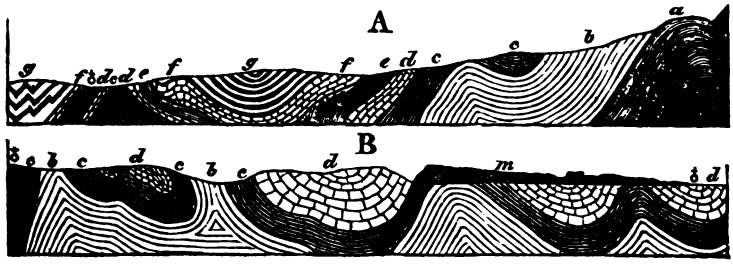
Von dieser nur zum Beispiel angeführten Zusammensetzung jener beiden Formationen weichen in mineralogischer Beziehung und in Hinsicht auf die Lagerungsverhältnisse nicht nur die in anderen entfernteren Ländern der Erde aufgefundenen gleichalterigen Bildungen mehr oder weniger ab, sondern selbst auf den britischen Inseln finden sich an verschiedenen Orten Abweichungen von den eben geschildeten Verhältnissen, die deutlich erkennen lassen, daß schon in den allerfrühesten Zeiten gleichzeitig sehr verschiedene Gesteine sich an verschiedenen Orten niederschlugen. Dies ergiebt sich sehr deutlich, wenn wir mit der Entwicklung dieser Formationen in England unser deutsches Grauwackengebirge vergleichen. Am meisten Aehnlichkeit mit dem englischen Vorkommen hat das Auftreten dieser Formationen in Böhmen, dort finden sie sich muldenförmig in einem Bassin eingelagert, welches von Süd-West nach Nord-Ost, von Bischofteinitz über Pilsen, Beraun und Prag bis an die Elbe, auf 20 geogr. Meilen verfolgt werden kann, und bei Pilsen seine größte Breite, von 10 geogr. Meilen, erreicht. Alle Schichten liegen hier in concordanter Lagerung, und sind meist sehr bedeutend geneigt, hie und da selbst senkrecht stehend. Sie gehören nur der silurischen Formation an, und lassen sich, wie in England, in eine obere und untere Abtheilung bringen. Die untere besteht überwiegend aus Schiefern und Sandsteinen,

die mit jenen wechseln, die obere dagegen fast nur aus Kalksteinen, welche zuletzt wieder durch wenig mächtige Schiefer bedeckt werden [1]).

Außer Böhmen sind bis jetzt in Deutschland nur an sehr wenigen Orten Glieder der silurischen Formation aufgefunden worden. In Sachsen, am südöstlichen Theile des Thüringer Waldes, und unfern Ilseburg am Harz hat man in Schiefern und Kalken organische Reste gefunden, welche der silurischen Formation eigenthümlich sind, doch ist dieselbe an den genannten Localitäten nirgends in der Mächtigkeit entwickelt, wie in Böhmen. Dagegen tritt sie wieder in sehr bedeutenden Ablagerungen im Norden Europa's, in Skandinavien und Rußland, auf, wo die sie bildenden Thone, Schiefer, Sand- und Kalksteine auf ungeheuere Strecken vollkommen horizontal ausgebreitet liegen und von keinen jüngeren Gebilden überdeckt sind. In Rußland ist es hauptsächlich die untere silurische Abtheilung, welche in drei verschiedenen Etagen auftritt und sich an dem finnischen Meerbusen durch ganz Esthland hindurch erstreckt, während die obere silurische Abtheilung hauptsächlich auf den Inseln Dagöe, Oesel und Gottland zum Vorschein kommt. Auch in Skandinavien tritt in Westgothland, Ostgothland, Smaland und Schonen die untere Silurformation in horizontalen, aber nur noch inselförmig vorhandenen Massen auf. Die Silurformation erscheint noch einmal längs des Westabhanges des Ural in einer fast ununterbrochenen Zone, doch sind die Schichten derselben hier sehr steil geneigt und zeigen sich durch ihre Versteinerungen als zur oberen Abtheilung der Formation gehörig. Wie weit sich die westliche und östliche Ablagerung der Silurformation in Rußland erstrecken, ist nicht bekannt. Die westliche wird an ihrem ganzen Ostrande von devonischen Gebilden überlagert, die sich bis nach Archangel hinauf verfolgen lassen und auf diese folgen dann in dem weiten Lande bis zum Ural andere neuere Gebilde, welche die Erstreckung des östlichen Theiles der Silurformation nach Westen hin verdecken. In noch größerer Ausdehnung zeigt sich dieselbe Formation im Norden Amerika's, wo sie von New-York an westwärts über einen Raum von 30 Längegraden und 15 Breitegraden verbreitet ist, ebenfalls fast vollkommen horizontal gelagert und in ihren beiden Abtheilungen außerordentlich mächtig und vollständig entwickelt erscheint. Die Untersilurformation besteht größtentheils aus Sandsteinen und Kalken und zieht sich nördlich an den Ufern des Lorenz-

ſtromes, und des Ontario-, Huronen- und Michiganſees bis an den Miſſiſſippi hin und dehnt ſich im Oſten bis nach Alabama aus. Die Oberſilurformation beſteht ebenfalls aus Sand- und Kalkſteinen, abwechſelnd mit Thonen, iſt hauptſächlich in Oberkanada und an den Ufern des Michigan, dann im Staate New-York ſelbſt entwickelt und erſtreckt ſich durch Ohio, Kentucky, Indiana u. ſ. f., wo ſie faſt nur aus Kalkſtein beſteht. Aus der Unterſilurformation ſind 30, aus der oberen 50 mit europäiſchen identiſche Species aufgefunden worden. Ausgezeichnet iſt dieſe Formation in Amerika durch große Maſſen von Bleiglanz und Kochſalz, welche in ihr vorkommen.

Während, wie wir ſahen, die ſiluriſche Formation an vielen Orten im deutſchen Uebergangsgebirge fehlt, iſt dagegen die devoniſche Formation ſehr mächtig entwickelt. Der größte Theil des rheiniſch-weſtphäliſchen Schiefergebirges gehört zu dieſer Formation. Grauwacke, Grauwackenſchiefer, Thonſchiefer und Kalk ſind die herrſchenden Gebilde, denen hie und da Dolomite und andere Geſteine in untergeordneter Menge eingelagert ſich finden. Die unterſten Schichten ſind verſteinerungsarm, ſo daß ſich ihr Alter nicht genau beſtimmen läßt; wo man, wie in den höheren, Reſte von organiſchen Weſen angetroffen hat, waren es ſolche, welche die ſie einſchließenden Geſteine zur devoniſchen Formation gehörig erkennen ließen. Die Schichten ſind meiſt ſehr ſteil geneigt, mannichfach geknickt und gewunden, wie folgende Profile nach Baur




erkennen laſſen. Das erſte, A, ſtellt die untere Abtheilung des rheiniſchen Uebergangsgebirges, die eigentliche Grauwacke, dar, welche nach Baur in drei Etagen zerfällt, in eine a) aus Thonſchiefer beſtehende unterſte, b) hauptſächlich aus Grauwackenſchiefer beſtehenden mittlere und c) durch Eiſenoxyd ſtark gefärbte, meiſt

aus schieferigen und thonigen Gesteinen bestehende obere Abtheilung. Auf ihr folgt der an Versteinerungen sehr reiche devonische Kalkstein, welcher hauptsächlich in der Eifel entwickelt ist und die mittlere Abtheilung der Grauwackenformation darstellt. Er ist, wie das zweite Profil B zeigt, in muldenförmig gelagerten Massen ausgebildet. Auf diese Kalke folgen an vielen Orten Westphalen's eine Reihe von schieferigen Gesteinen, mit Sand- und Kalksteinen wechselnd, welche als die obere Abtheilung der devonischen Formation anzusehen sind und Einschlüsse enthalten, welche auch in den Schiefern und Kalken des Fichtelgebirges häufig vorkommen, Goniatiten und Clymenien, welche wir später besprechen werden [2]).

In sehr naher Verbindung mit der silurischen und devonischen Formation stehen die s. g. Grünsteine, welche in der Periode der Entstehung dieser beiden sich gebildet haben. Es sind Diorite, Dioritporphyre, also Hornblendegesteine und augitische Grünsteine, welche meist in Gängen und Stöcken, aber oft auch in Lagern die Schichtensysteme des Uebergangsgebirges durchsetzen, und mannichfache Störungen in der Lagerung derselben verursacht haben, nicht selten auch Fragmente des Nebengesteines einschließen. Serpentine, Gabbro und Hypersthenit kommen ebenfalls an vielen Orten in Gesellschaft mit diesen zugleich vor.

3) Die Steinkohlenformation (carboniferous system, terrain houillier). Die Reihe von Schichten, welche zwischen der devonischen und der permischen Formation liegen, und an vielen Stellen eine außerordentliche Mächtigkeit erreichen, schließen an bestimmten Stellen in der Regel jenes äußerst wichtige Material, die Steinkohlen, ein, welche, seit langer Zeit benützt, eben diesem Schichtencomplexe den Namen der Steinkohlenformation verschafft haben.

Die Gesteine dieser Gruppe sind hauptsächlich Sandstein und Schieferthon, welche der Menge nach am mächtigsten entwickelt sind; nächst ihnen kommt an vielen Orten Kalkstein und Dolomit, und verschiedene Conglomerate in beträchtlichen Massen vor. In sehr geringer Menge treten als locale Bildungen Thonschiefer, Kieselschiefer und Hornstein auf, zuweilen auch Gyps, Süßwasserkalk, Alaunschiefer und Eisenerze. Die Sandsteine dieser Formation, die s. g. Kohlensandsteine, sind meist grau, weiß oder gelblich, thonig und glimmerhaltig. An

einigen Localitäten kommen auch rothe, oder grauwackenähnliche vor. Meist zeigen sie große Festigkeit, und geben sehr gute Bausteine, in England werden sie auch der scharfen Kanten und Ecken der Quarzkörner wegen als Mühlsteine benutzt, weswegen eine Abtheilung dieser Formation den Namen Millestonegrit erhalten hat. Der Schieferthon, nächst dem Sandsteine das vorwiegendste Gebilde dieser Formation, ist der unmittelbare Begleiter der Steinkohlenflötze selbst, meist grau gefärbt, schieferig abgesondert, mit vielen Glimmerschüppchen und sehr wohl erhaltenen Abdrücken von Pflanzen. Er geht sehr oft nach unten ganz allmählich in den Kohlensandstein über. An manchen Orten, z. B. in Frankreich, sind die Thone auch roth, oder anderweitig und bunt gefärbt. Die Conglomerate zeigen sich namentlich in den kleineren Steinkohlenrevieren des Continentes und bilden hier meist die unterste Lage desselben. Sie bestehen aus mehr oder weniger abgerundeten, oft zerbrochenen und später wieder durch kieselige Massen zusammengekitteten Bruchstücken anderer Gesteine, welche gewöhnlich nicht weit von dem Conglomerate in großen Massen anstehen. An einem Orte sind es Bruchstücke von Granit, an dem andern von Gneiß oder von Porphyr, je nachdem das benachbarte Urgebirge sich zeigt[3]).

Namentlich in England sehr mächtig entwickelt ist der dort s. g. Bergkalk oder Kohlenkalk (mountain limestone, carboniferous limestone). Er ragt nämlich in England in ganzen Bergzügen hoch empor, ist reich an Höhlen, an Resten von Seethieren und stellenweise auch an Metallen, wie die reichen Erzgänge von Derbyshire, Northumberland, erkennen lassen. Er hat meist graue oder blaulichgraue Farben, die jedoch zuweilen in's Weiße und Gelbliche, oder in's Schwarze übergehen, erscheint gewöhnlich dicht, doch wird er auch zuweilen krystallinisch, und zeigt überhaupt keine Eigenschaften, welche nicht auch an viel jüngeren Kalksteinen vorkämen, von denen er sich äußerlich nicht unterscheiden läßt. Auch zu ihm gesellen sich hie und da Dolomite unter denselben eigenthümlichen Formen, wie sie dieses Gestein gewöhnlich zeigt, bald in Stöcken und Lagern, bald in mächtigeren, ausgedehnteren Massen. Anhydrit, Gyps und Kochsalz kommen auch in dieser Formation an einigen Localitäten vor.

Der Menge nach am unbedeutendsten ist die Steinkohle

ſelbſt. Sie kommt in eigentlichen Schichten, ſogenannten Flötzen, unmittelbar auf dem Schieferthone und gewöhnlich mit dieſem und Sandſteinen wechſelnd vor. Die Anzahl derſelben, welche an verſchiedenen Orten vorkommen, iſt außerordentlich wechſelnd. Aeußerſt ſelten findet man nur eines, gewöhnlich erſcheinen 3—10, doch hat man in Südrußland ſelbſt ſchon 225 über einander angetroffen. Ihre Dicke ſteht gewöhnlich im umgekehrten Verhältniſſe zu der Zahl derſelben an einem Orte, d. h. je mehr an einer Stelle vorkommen, deſto weniger dick ſind dieſelben. Manche haben eine Mächtigkeit von wenig Linien, oder ſelbſt eine noch geringere und werden dann natürlich nicht bearbeitet. In der Regel kann man die durchſchnittliche Dicke der Flötze zwiſchen 1 und 4 Fuß annehmen. In Spanien hat man aber ſolche gefunden, welche ſtellenweiſe bis 100 Fuß mächtig ſind. Nicht ſelten bemerkt man, daß ein ſehr mächtiges Flötz ſich in ſeinem weiteren Verlaufe ſpaltet, indem ſich Thonmaſſen zwiſchen daſſelbe einſchieben und es ſo in zwei abſondern. Gewöhnlich bilden die Flötze wahre Schichten, d. h. von parallelen Flächen begrenzte Maſſen, an einzelnen Orten erſcheinen ſie jedoch als unregelmäßige, oft lagerförmige und ſtockförmige Maſſen, welche an verſchiedenen Stellen ſehr verſchiedene Dicke und Formen erkennen laſſen [4]).

Die Steinkohle ſelbſt hat man nach der phyſikaliſchen und chemiſchen Beſchaffenheit derſelben in verſchiedene Unterabtheilungen oder Arten abgeſondert. Zunächſt unterſcheidet man den ſ. g. Anthracit von der eigentlichen Steinkohle. Er iſt amorph, ſpröde, von muſcheligem Bruch, eiſenſchwarz bis graulichſchwarz, zeigt ein ſpecifiſches Gewicht von 1,4 bis 1,7, ſtarken metalliſchen Glanz und beſteht faſt nur aus Kohlenſtoff, mit ſehr wenig Sauerſtoff und Waſſerſtoff, und verbrennt ſchwer. Die Steinkohle iſt dagegen Kohlenſtoff, der noch mehr Sauerſtoff und Waſſerſtoff enthält, weniger ſpröde und weniger glänzend erſcheint, und ein etwas geringeres ſpecifiſches Gewicht, 1,2 bis 1,5, hat. Es iſt jedoch nicht möglich, eine genaue Grenze zwiſchen dem Anthracit und der Steinkohle zu ziehen und ebenſowenig zwiſchen den verſchiedenen, mehr eine techniſche Wichtigkeit habenden Unterabtheilungen der Steinkohlen. Oft findet ſich nämlich in ein und demſelben Flötze Anthracit und verſchiedene Kohlenarten, welche ganz allmählich in einander übergehen, und eine Trennung nur vom techniſchen Stand-

punkte aus gerechtfertigt erscheinen lassen [5]). Alle diese kohligen Gebilde verdanken ihren Ursprung untergegangenen Pflanzen, welche, durch einen Vermoderungsproceß nach und nach zersetzt, hauptsächlich ihren Kohlenstoff zurückgelassen haben. Wenn uns auch die Bedingungen nicht alle bekannt sind, unter welchen eine derartige Umwandlung und Erhaltung der Pflanzentheile vor sich ging, und selbst die mechanische Bildung und Anhäufung jener Pflanzenmassen an dem Orte, wo wir sie als Steinkohlen finden, noch nicht vollkommen klar und deutlich bekannt sind, so ist doch durch die mikroskopische Untersuchung unzweifelhaft dargethan, daß jene Massen wirklich Pflanzenreste sind, indem wir die pflanzliche Structur noch vollkommen deutlich auf diese Weise erkennen können [6]).

Nach dieser kurzen Betrachtung des Materiales, welches die Steinkohlenformation zusammensetzt, wollen wir die Art und Weise ihrer Anordnung und ihrer Lagerung an einzelnen Localitäten besprechen. Bei der Steinkohlenformation zum ersten Male müssen wir einen Unterschied zwischen Meeresbildungen und Süßwasserbildungen machen. Ein großer Theil der hierher gehörigen Massen ist nämlich offenbar nicht auf dem Meeresgrunde, sondern in großen Landseen abgelagert worden. Zu jenen gehören die Steinkohlenablagerungen England's, Irland's, Belgien's, Westphalen's, Rußland's und Nordamerika's, zu diesen die Kohlenreviere Südfrankreich's, Sachsen's und Böhmen's. Diese Verschiedenheit giebt sich jedoch nur in den unter den Kohlen gelegenen Gebilden zu erkennen, indem diese, selbst von Landpflanzen herstammend, in beiden Fällen sich gleich verhalten. Als Beispiel für die Zusammensetzung einer marinen Ablagerung wählen wir das englische Steinkohlengebirge, welches sich in verschiedenen muldenförmigen Vertiefungen des devonischen Systemes eingelagert findet. Eines der bedeutendsten dieser Kohlenbecken findet sich in Wales, wo es eine längliche, von West nach Ost gerichtete Ellipse bildet, deren nördlicher Rand von den devonischen Gebilden eingefaßt ist, dessen südliche Seite von dem Bristolcanale abgeschnitten wird. Unmittelbar auf den devonischen Schichten lagert der Kohlenkalk, der stellenweise eine Mächtigkeit von 1000 Fuß erreicht. Nach oben geht derselbe allmählich in den flötzleeren Sandstein über, den Millestonegrit, welcher eine verhältnißmäßig geringe Mächtigkeit hat, und seinerseits in Schieferthon übergeht. Mit diesem Schieferthone treten

nun die eigentlichen Kohlenflötze auf, welche mit diesem und feinkörnigem Sandsteine wechseln, höchstens 9 Fuß Dicke erreichen und sämmtlich zusammengenommen eine 95 Fuß mächtige Schichte guter Kohlen bilden würden. Ueber diesen Kohlen kommen noch einige Lagen von feinkörnigem Sandstein, welcher hie und da ebenfalls Süßwasserkalk eingeschlossen enthält.

In ähnlicher Weise zeigen sich auch an den übrigen Localitäten die marinen Ablagerungen gebildet, obwohl nicht überall die sämmtlichen Glieder derselben vorhanden sind. Bei allen nicht in Landseen entstandenen ist der Kohlenkalk als deutliche Meeresbildung vorhanden. So erscheint er in Ireland in einer Mächtigkeit von 2000 Fuß, fast den ganzen inneren Theil der Insel bedeckend, in Rußland von den Quellen der Wolga und Düna in großer Breite bis über Moskau und Tula und in einem schmäleren Zuge bis an das weiße Meer als das einzige Glied der Steinkohlenformation unmittelbar an der Oberfläche. An manchen Orten wechselt er mit Sandstein- und Schieferthon, die oft unter ihm und vor ihm in nicht unbedeutenden Massen entwickelt sind. Nur selten ist, wie in einem Theile Rußland's und in Ireland, die Bildung der Steinkohlenformation mit dem Kohlenkalke beendigt gewesen, meist kommt darauf, wie in Wales, der flötzleere Sandstein, Schieferthon und mit diesen die Steinkohlen. Zwischen den einzelnen Steinkohlenflötzen wechseln Lager von Thon und Sandstein, die eine Mächtigkeit von 10 bis 100 Fuß besitzen. Die Thone sind die gewöhnlichsten Begleiter der Kohlen, schließen sie zwischen ihre Lagen ein und enthalten eine ungeheuere Menge von wohlerhaltenen Pflanzenabdrücken. An manchen Orten führen sie auch ausgezeichnet gute Eisenerze, s. g. Sphärosiderite (nierenförmig gruppirte, kugelige Massen von Eisenspath, d. i. kohlensaurem Eisenoxydul).

Die Ablagerungen, welche sich in Landseen bildeten, zeichnen sich alle dadurch aus, daß ihnen der Kohlenkalkstein fehlt. Statt seiner sind die Conglomerate vorhanden, die in Mähren z. B. eine 300 Fuß mächtige, auf Gneiß ruhende Masse bilden. Diese Conglomerate wechseln zuweilen mit Sandsteinen und gehen allmählich in den flötzleeren Sandstein über, worauf sich die übrigen Verhältnisse gerade so gestalten, wie bei den marinen Ablagerungen. Sehr selten kommt es vor, daß die Steinkohlen selbst ohne alle

Zwischenglieder auf älteren Gebilden auflagern; dies ist z. B. bei Niederwürschnitz im erzgebirgischen Bassin der Fall, wo ein sehr gutes, bis fünf Ellen mächtiges Flötz unmittelbar auf dem alten Thonschiefer ruht. Fast alle Steinkohlenablagerungen erscheinen in mehr oder weniger flachen, muldenförmigen Vertiefungen entstanden zu sein, zwischen denen sich oft nur sehr niedrige und schmale Rücken älterer Gebilde, eine von der anderen trennend, hingezogen haben mögen. Häufig findet man sie in ihrer Lage noch ungestört, ebenso oft lassen sie aber bedeutende Störungen erkennen, und aus keiner Formation finden sich so viele und schöne Beispiele für alle Arten der Schichtenstörungen, für Verwerfungen, Faltungen u. s. f., als eben aus dieser, weil in keiner anderen sonst Veranlassung gegeben ist, ganze Schichten ihrer vollen Ausdehnung nach zu verfolgen. Wir verweisen auf die p. 333 u. 334 angeführten Beispiele, denen sich noch eine sehr große Anzahl anderer anreihen ließe. Die Gesammtmächtigkeit dieser Formation ist an den verschiedenen Localitäten ihres Auftretens sehr verschieden. In Lancashire veranschlagt sie Binney auf 6600 Fuß; in Südwales wird sie bis zu 13500 Fuß mächtig und in Neuschottland 14570 Fuß. „Die größte bis jetzt nachgewiesene Mächtigkeit hat wohl die Saarbrücker Kohlenformation, in welcher, wie v. Dechen durch wiederholte Aufnahme gefunden hat, das tiefste in der Gegend von Duttweiler bekannte Kohlenflötz bei Bettingen, nordöstlich von Saarlouis, bis zu 19406 und 20656 Fuß unter den Meeresspiegel hinabreicht" (Naumann, a. a. O. II. 506).

Wir haben schon im vorigen Kapitel erwähnt, daß aller Kohlenstoff, welcher sich auf und in der Erde findet, nur durch organische Thätigkeit erzeugt worden sein kann, und daß derselbe seinen Ursprung aus der Kohlensäure der Atmosphäre genommen habe, indem in den frühesten Zeiten keine Kohlenstoffverbindung auf der Erde existiren konnte. Wir können daraus nicht unwichtige Schlüsse auf die Beschaffenheit der Atmosphäre zu der Zeit der Bildung jener Formationen ziehen. Die Luft muß nämlich damals eine ganz andere Zusammensetzung gehabt haben, namentlich viel reicher an Kohlensäure gewesen sein, als jetzt, indem alle die ungeheueren Massen von Kohlenstoff, welche wir in den Steinkohlen antreffen, früher, mit Sauerstoff verbunden, als Kohlensäure in der Atmosphäre vorhanden waren. Es fehlen uns noch zu

sehr Berechnungen über den Steinkohlengehalt der verschiedenen Localitäten, an denen sie bis jetzt angetroffen wurden, wir wissen nur von einigen Bergwerken England's und Europa's annäherungsweise, wie viel sie Kohlen enthalten, können aber daraus leicht entnehmen, um wie viel bedeutender früher der Betrag an Kohlensäure in der Luft gewesen sein muß. Nach Liebig enthält die ganze Atmosphäre gegenwärtig 2800 Billionen ℔ Kohlenstoff. Nach den sorgfältigen Untersuchungen v. Dechen's enthält das Saarbrücker Steinkohlenrevier allein, so weit es preußisch ist, in 164 über einander lagernden Flötzen mit einer Gesammtmächtigkeit von 338½ Fuß 90,8 Billionen ℔ Kohlen, worin 72,6 Billionen ℔ Kohlenstoff enthalten sind, also 1/40 von dem sämmtlichen Kohlenstoffgehalt unserer jetzigen Atmosphäre. Die Steinkohlenwerke in Northumberland und Durham liefern jährlich über 4½ Million Tonnen Steinkohlen, in denen durchschnittlich 85% Kohlenstoff enthalten sind, und können dieselbe Menge noch 1700 Jahre lang liefern. Sie enthalten demnach 153 Billionen ℔ Steinkohlen, worin 13 Billionen ℔ Kohlenstoff sind, also fast die Hälfte von dem jetzt in der Atmosphäre sich befindenden. Gegenwärtig schätzt man die jährliche Production England's an Kohlen auf 34 Millionen Tonnen, während die übrigen Länder Europa's, mit Ausschluß Rußland's, circa 60 Millionen Tonnen liefern. Nach H. Rogers nehmen die Kohlenlager Nordamerika's einen Raum von 6250 □M. ein; der sämmtliche Kohlenstoff unserer ganzen Atmosphäre würde auf dieser Fläche nur eine 10 Fuß dicke Kohlenschichte liefern. Man sieht daraus, um wie viel reicher in früheren Zeiten die Luft an Kohlensäure gewesen sein muß, indem dieses einzige mächtige Kohlenfeld mehr Kohlenstoff enthält, als gegenwärtig in der ganzen Atmosphäre sich befindet.

Haben wir schon einige Male die große Mächtigkeit der verschiedenen sedimentären Gesteine als einen Beweis für die ungeheueren Zeiträume, welche die Bildung auch nur einer Formation erforderte, angeführt, so ist uns in den Steinkohlen wiederum ein Mittel gegeben, ähnliche Resultate in Beziehung auf die Dauer geologischer Perioden zu finden. Unter der Voraussetzung, daß das Wachsthum der die Steinkohlen liefernden Pflanzen ebenso rasch vor sich gegangen sei wie jetzt, daß sie an dem Orte gewachsen seien, wo wir sie jetzt finden, und daß gar nichts von ihrem Kohlen-

ſtoffe ſich verloren habe, brauchten nach G. Biſchof die Pflanzen, welche die Kohlen des Saarbrücker Reviers lieferten, allein 1 Million 4177 Jahre zu ihrem Wachsthume. Dabei iſt aber die Bildung der vielen, oft 100 Fuß mächtigen Schichten zwiſchen den einzelnen Kohlenflötzen gar nicht mit in Rechnung gebracht[7]).

Dieſe Vorausſetzungen und Berechnungen Biſchof's führen uns zu der Frage, wie denn eigentlich dieſe Kohlenflötze ſich gebildet haben mögen? Daß es pflanzliche Reſte ſind, welche in denſelben niedergelegt ſind, das iſt unzweifelhaft durch das Mikroſcop dargethan, nur die Art und Weiſe ihrer Anhäufung iſt noch nicht vollkommen klar, und hat ſehr verſchiedenartige Deutungen gefunden. In den meiſten Fällen ſcheinen die Pflanzen an Ort und Stelle gewachſen zu ſein; dafür ſpricht, daß an vielen Orten noch aufrechtſtehende Stämme mit Wurzelverzweigungen angetroffen werden, daß die Rinde der Stämme oft noch ſehr deutlich mit den zarteſten Rippen und Eindrücken erhalten iſt, und daß namentlich in den unmittelbar unter den Kohlen liegenden Schieferthonen und ſelbſt an der unteren Fläche der ſie bedeckenden Schichten die ſchönſten und zierlichſten Abdrücke zarter Blätter ſich finden, die nothwendig zerſtört worden wären, wenn ſie im Waſſer mit den Stämmen lange umhergerollt und von weit her zuſammengeſchwemmt wären. Mit der früher häufig aufgeſtellten Theorie, daß die Steinkohlen ihren Urſprung mächtigen Treibholzmaſſen verdanken, welche ſich an den Mündungen großer Ströme angehäuft hätten, vertragen ſich dieſe Erſcheinungen nicht und ebenſowenig die Reſultate der mikroſcopiſchen Unterſuchungen Link's, daß es hauptſächlich unſerem Torfmoos ähnliche Pflanzen waren, welchen die Steinkohlen ihren Urſprung verdanken. Ebenſo ſpricht die muldenförmige Einlagerung in wenig tiefe Baſſins, welche oft nur durch ſchmale Rücken älterer Gebirge getrennt ſind, und, wie in Nordamerika, eine ſo ungeheuere Flächenausdehnung erreichen, mehr dafür, daß die Pflanzen an Ort und Stelle gewachſen ſind. Was hätten das für Treibholzmaſſen ſein müſſen, die eine Fläche von 6250 □ Meilen, wie in den vereinigten Staaten die Kohlenfelder, bedeckt hätten! Am wahrſcheinlichſten iſt es, daß nach Ablagerung des Kohlenkalkes oder der Conglomeratmaſſen in den continentalen Kohlenablagerungen auf nur wenig über das Meer erhobenem Lande eine üppige Vegetation von Pflanzen aufſchoß,

welche zu Grunde ging, als ſpäter eine neue Senkung ſie unter den Meeresſpiegel brachte. Sand- und Schlammmaſſen überlagerten ſie in mehr oder weniger bedeutender Mächtigkeit, bis eine auf einem durch eine abermalige Hebung in's Trockne gebrachten Boden aufſchießende Vegetation Stoff zu einem zweiten Flötze lieferte. Es mag wohl in den meiſten Fällen ein ausgedehnter flacher Marſchboden die Unterlage für jene Pflanzen gegeben haben, die der Mehrzahl nach durchaus nicht aus baumartigen Gewächſen beſtand, wenn ſchon mächtige Stämme von Farren und ähnlichen hochwachſenden Gebilden in Menge vorhanden geweſen ſein mögen. Die mikroſcopiſchen Unterſuchungen von Link haben ebenfalls ergeben, daß dieſe Gewächſe die geringere Maſſe der Kohlen bilden, und daß wohl die größere aus üppig wuchernden, niedrig organiſirten, unſerem Torfe gleich dichtgedrängt den ſumpfigem Boden bedeckenden Gewächſen entſtanden ſein mag [8]). Dieſe ſchon früher geäußerte Anſicht iſt neuerdings von den bedeutendſten Autoritäten im Gebiete der urweltlichen Pflanzenkunde wieder angenommen und namentlich von Lyell und Göppert durch zahlreiche Beobachtungen und neue Beweiſe „zu einem ſolchen Grade der Wahrſcheinlichkeit erhoben worden, daß ſie wohl nicht wieder durch eine andere Anſicht verdrängt werden dürfte" (Naumann).

Die Verbreitung der Steinkohlen ſelbſt geſtattet aber äußerſt wichtige Schlüſſe über die Beſchaffenheit des Klimas zur Zeit, als jene Pflanzenmaſſen wuchſen; man findet nämlich Steinkohlenflötze ebenſo in dem höchſten Norden, wie in wärmeren Gegenden und jene haben dieſelben, ein warmes, feuchtes Klima erfordernden Pflanzen, wie dieſe. Es finden ſich dieſelben Stämme von baumartigen Pflanzen in Kohlenflötzen auf der Melvilleinſel, auf Spitzbergen, wie ſie in den engliſchen, den nordamerikaniſchen und den auſtraliſchen Steinkohlenrevieren angetroffen werden. Auf der Melvilleinſel beträgt aber gegenwärtig die mittlere Jahrestemperatur 15° C. unter dem Gefrierpunkt und nur in den drei Monaten Juni, Juli, Auguſt geht ſie über denſelben hinaus. Es muß alſo zu jenen Zeiten noch eine andere Wärmequelle vorhanden geweſen ſein, welche, unabhängig von der Sonne, die nie eine gleichmäßige Temperatur in den verſchiedenen Zonen erzeugen kann, auch in den gegenwärtig das ganze Jahr von Eis ſtarrenden Gegenden

ein warmes, tropiſches, feuchtes Klima zu Stande brachte. Wir haben ſchon geſehen, wie aus der Vorausſetzung, daß die Erde eine geſchmolzene Maſſe war, dieſe Erſcheinung eine nothwendige Folge der allmählichen Abkühlung ſein mußte, und daß ſich dieſelbe auf gar keine andere Weiſe erklären läßt. Wir werden ſpäter ſogleich finden, daß auch nach den Reſten von Seethieren in allen Zonen ein warmes Meer vorhanden geweſen ſein muß, welches, aus der verhältnißmäßig noch dünnen, warmen Erdrinde Wärme aufnehmend, weſentlich zur Gleichmäßigkeit des Klimas über die ganze Erde beitrug.

4) Die permiſche Formation. (Auch Kupferſchiefer, Zechſtein, Vogeſenſandſtein genannt, Magnesian limestone etc.) Von bei weitem geringerer Ausdehnung und Verbreitung, findet ſich nur an wenigen Orten über der Steinkohlenformation eine Reihe von Gebilden, welche ſich im Allgemeinen durch ihre Einſchlüſſe noch entſchieden als zu der paläozoiſchen Gruppe gehörig ausweiſen und namentlich am Südabhange des Harzes ſehr vollſtändig entwickelt und ihres Reichthumes an Kupfererzen wegen ſchon lange genau unterſucht und bekannt ſind. Nach dieſem Vorkommen hatte man dieſelbe in zwei Formationen getrennt, in eine untere, hauptſächlich aus rothen Sandſteinen beſtehend, das ſ. g. rothe Todtliegende *) oder Rothliegende und in eine darauf folgende, vorwiegend als Kalkſtein ſich zeigende Bildung, den ſ. g. Zechſtein; Murchiſon hat aber durch ſeine Unterſuchungen dieſer Formation in dem Gouvernement Perm in Rußland, wo ſie viel ausgedehnter und mächtiger entwickelt iſt, als in Deutſchland, dargethan, daß ſich eine derartige Abtheilung nicht machen laſſe, ſondern daß es eine einzige Formation ſei, welche durch ihn nach jener Provinz den Namen permiſche Formation erhalten hat. Am Harze und in Thüringen zeigt ſich dieſe Formation auf folgende Weiſe ausgebildet.

Auf die Steinkohlenformation folgt zunächſt eine ſtellenweiſe 2600 Fuß mächtige Sandſteinbildung, in welcher jedoch oft

*) Der Bergmann nennt die Maſſen, welche ſich unter einer anderen befinden, das liegende von dieſer, und ein nicht erzhaltiges Geſtein ein todtes; da nun unter jenen ſchieferigen Geſteinen, welche Kupfer führen, ſich rothe Sandſteine befinden, welche in der Regel ohne ſolche Erze ſind, ſo haben ſie dieſen Namen erhalten.

bedeutende Maſſen von Conglomeraten eingelagert vorkommen. Die Farbe dieſer Sandſteine iſt vorwaltend ein von Eiſenoxyd herrührendes Roth, ähnlich der Farbe der rothen Porphyre, welche zum Theil in der Steinkohlenperiode, größtentheils aber zur Zeit der Bildung dieſer Abtheilung und mit ihr gleichzeitig entſtanden ſind. Die Conglomerate beſtehen daher auch größtentheils aus Porphyrtrümmern, die allmählich durch Abnahme ihrer Größe in den rothen Sandſtein übergehen, weshalb Viele denſelben nur als ein mechaniſch aus zerſtörten rothen Porphyren entſtandenes Gebilde anſehen wollen. Auch Melaphyre entſtanden gleichzeitig an vielen Punkten mit dem Rothliegenden und daher ſind auch Melaphyrconglomerate nicht ſelten in demſelben zu finden [9]). Wo dieſe Abtheilung ſehr mächtig entwickelt iſt, finden ſich auch Kalkſteinlager, wenn auch nur von geringer Mächtigkeit, und verſchiedene Arten von Thonen, die meiſt auch, wie die Sandſteine, durch Eiſenoxyd roth gefärbt ſind. Nach oben verliert ſich allmählich die Farbe dieſer letzteren und es bilden ſich weiße oder grauliche Sandſteine aus, die man als Weiß- oder Grauliegendes bezeichnet hat. In dieſer ganzen unteren Abtheilung werden hie und da noch Spuren von Steinkohlen und verſteinerte Stämme angetroffen. Auf das Weißliegende unmittelbar folgt nun die Zechſteinbildung, die vorwiegend aus Kalk und Dolomit beſteht, zu welchen ſich noch Gyps und Steinſalz geſellen.

Das unterſte Glied dieſer Abtheilung beſteht aus einer mergeligen, ſchiefrigen, bituminöſen, gewöhnlich nur 3 Fuß dicken Schichtenmaſſe, welche an den meiſten Orten verſchiedene Kupfererze eingeſprengt enthält, dem ſ. g. Kupferſchiefer. Trotz ſeiner geringen Mächtigkeit „erſcheint derſelbe mit bewundernswürdiger Beſtändigkeit über mehrere Tauſend Meilen ausgebreitet. Ueberall an den Rändern der alten Gebirge umgürtet es die jüngeren wie eine Einfaſſung; ſo am Harze, am Thüringer Walde, am Kiffhäuſer, bei Bottendorf, im Magdeburgiſchen, im Saalkreiſe, bei Riechelsdorf und Rothenburg in Heſſen, bei Eſchwege und Allendorf, endlich auch bei Osnabrück und Ibbenbüren" (Hoffmann). Wo die Kupfererze fehlen, hat man dieſe Schichten auch als „bituminöſen Mergelſchiefer" aufgeführt. Auf dieſen folgt nun, durch allmählichen Uebergang aus einem grauen Mergel, der als ſ. g. Dachflötz über den eigentlichen Kupferſchiefer in einer Mächtigkeit von 4 bis 8 Fuß ausgebreitet iſt, ein deutlich geſchichteter, dichter,

feſter, etwas thoniger und bituminöſer Kalkſtein, der ſ. g. Zechſtein, der gegen 250 Fuß mächtig iſt und ſchichtenweiſe ſehr bituminös, zu ſ. g. Stinkſtein, wird. Nach dieſem Kalk kommen nun die letzten, äußerſt unregelmäßig ausgebildeten Geſteine der Zechſteinformation, nämlich Dolomit, und Gyps mit Anhydrit und Steinſalz.

Der Dolomit, in Thüringen auch Rauhwacke im feſten, und Aſche im lockeren Zuſtande genannt, erſcheint, wie der Gyps, unter den eigenthümlichſten Verhältniſſen, die in früherer Zeit ſchon auffielen und Manche zu der Vermuthung verleiteten, dieſe Geſteine als eruptive oder auf plutoniſchem Wege veränderte anzuſehen. Die Gypsmaſſen erſcheinen namentlich am Südrande des Harzes, wie ein Wall denſelben umgebend. „Mit Verwunderung", ſagt L. v. Buch, „habe ich oft die große Mauer von Gyps angeſehen, welche den ſüdlichen Rand des Harzes faſt in ſeiner ganzen Länge umgiebt; es iſt vielleicht die bedeutendſte Gypsmaſſe in Europa, ein wahres kleines Gebirge von Gyps. Rauhwacke, Dolomit iſt auch in dieſem Gebirge unausgeſetzt der Begleiter des Gypſes, aber nicht etwa in regelmäßiger Abwechſelung, ſondern in Maſſen neben einander, größtentheils ebenſo ſonderbar in ihren Formen, als das ganze Gebirge ſelbſt" (Leonhard's mineralogiſches Taſchenbuch 1824, p. 471). Nach unten und innen erſcheint der Gyps ſtets als Anhydrit, er iſt alſo höchſt wahrſcheinlich aus dieſem durch Aufnahme atmoſphäriſchen Waſſers entſtanden [10]). In der neueren Zeit hat man, durch natürliche ſalzhaltige Quellen dazu veranlaßt, Bohrverſuche in dieſer Formation angeſtellt, und ſehr mächtige Steinſalzlager unter dem Anhydrite angetroffen [11]).

Nirgends iſt die permiſche Formation ſonſt ſo vollſtändig ausgebildet, als in dieſem Theile Deutſchland's; an manchen Orten, wie in Böhmen und bei Döhlen in Sachſen, iſt nur das Rothliegende entwickelt, an anderen, wie in Weſtphalen, beſchränkt ſich die Bildung dieſer unteren Abtheilung nur auf ein Paar dünne Schichten von Weißliegendem. In England tritt ſie ohne den Kupfergehalt ebenfalls in zwei Abtheilungen auf, namentlich an dem öſtlichen Rande der Steinkohlenformation, und auch hier iſt die untere vorwiegend durch Sandſteine, die obere hauptſächlich durch Dolomite (magnesian limestone), welche in großer Mächtigkeit entwickelt ſind, gebildet. Dieſe letztere ſind es denn auch, welche dieſer

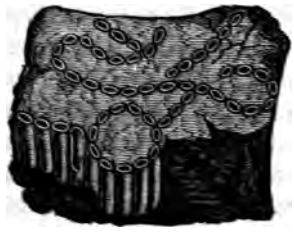
Formation in England den Namen Magnesian limestone verſchafft haben. In Rußland iſt dieſelbe in horizontaler Ausdehnung über 18000 geogr. □Meilen verbreitet. Sie läßt jedoch hier nicht dieſe beiden Unterabtheilungen erkennen, wie in Deutſchland und England. Conglomerate, Sandſteine, Schieferletten, Mergel, Kalkſteine, Gyps, Steinſalz und Steinkohlen wechſeln auf die mannichfachſte Weiſe ab und laſſen keine Abgrenzung verſchiedener Abtheilungen zu. Auch in dieſem Lande iſt dieſe Formation reich an Kupfererzen, doch zeigen ſich dieſelben am häufigſten in den unterſten Schichtenreihen und werden nach oben hin ſeltener. In Frankreich, in Nordamerika hat man dieſe Formation in einigen Gegenden finden wollen, doch iſt wegen der großen Armuth an Verſteinerungen, welche dieſelbe auszeichnet, der ſichere Beweis, daß ſie in jenen Ländern auftritt, noch nicht geliefert; dagegen hat man aus Spitzbergen Petrefacten mitgebracht, welche das Vorhandenſein derſelben auf dieſer Inſel außer allen Zweifel ſtellen. Mit dieſer Formation iſt die Gruppe der paläozoiſchen Gebilde abgeſchloſſen. Da nun hauptſächlich die Reſten von Thieren und Pflanzen es ſind, nach welchen nicht nur die einzelnen Formationen, ſondern auch die verſchiedenen Gruppen derſelben gegen einander abgegrenzt werden, ſo müſſen wir hier etwas näher auf die organiſchen Weſen, welche bis zum Ende dieſer Abtheilung die Erde bevölkerten, eingehen, und betrachten zunächſt die beiden älteſten Formationen gemeinſchaftlich.

## Organiſation zur Zeit der ſiluriſchen und devoniſchen Formation.

Was die Reſte von Pflanzen ſowohl wie von Thieren betrifft, ſo zeigen beide Formationen eine große Aehnlichkeit mit einander. Von Pflanzen hat man nur einige Spuren aus der unterſten Abtheilung, zu den Algen gehörig, angetroffen, von den Thieren dagegen finden ſich ſchon bis zu den Fiſchen herauf aus allen Klaſſen eine große Zahl. Wir können hier natürlich nur die charakteriſtiſchſten Formen erwähnen und beginnen auch hier mit den niedriger organiſirten Geſchöpfen, nach derſelben Ordnung fortfahrend, wie wir ſie oben, pag. 483 ff., mitgetheilt haben.

1) Zoophyten. Hier ſind es hauptſächlich die 1) Polypen und zwar die Korallen, welche in großer Menge auftreten, zum

Theil mit Gattungen (genus), welche noch jetzt leben, obwohl keine Art (species) identiſch mit einer jetzt lebenden iſt. Die Gattungen Aulopora, Cellepora, Madrepora und Cyathophyllum ſind ſolche identiſche Gattungen. Die Mehrzahl der Species der Korallen ſind der ſiluriſchen und devoniſchen Formation gemein, manche gehen ſelbſt bis in die Steinkohlenformation, wie z. B. Cyathophyllum caespitosum. Als eine



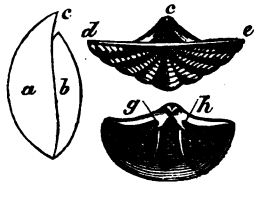
ſehr charakteriſtiſche, der ſiluriſchen Formation eigenthümliche Form iſt die hier abgebildete Catenipora escharoides anzuſehen. Nach Bronn kennt man im Ganzen aus der ſiluriſchen Formation gegen 170, aus der devoniſchen 140 verſchiedene Species von Korallen, wovon jedoch eine ſehr große Anzahl beiden gemeinſchaftlich iſt.

2) Echinodermen. Von dieſen ſind hier nur feſtgewachſene Crinoiden bekannt, und zwar treten dieſelben mit zwei Abtheilungen auf; die einen beſtehen nämlich nur aus einer aus Kalktäfelchen beſtehenden kugeligen Krone mit verſchiedenen Oeffnungen, ohne Arme, wie z. B. der unten links abgebildete ſiluriſche Caryocystites granatum, und ſind bis in den Kohlenkalk entwickelt, von da an nicht mehr vorkommend; die der anderen Abtheilung haben bewegliche, ebenfalls aus Kalktäfelchen gebildete Arme, wie der mitten

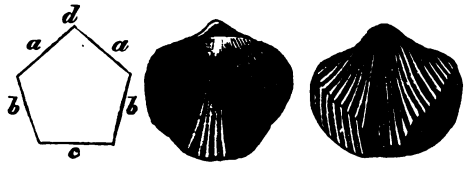
abgebildete Cupressocrinus crassus, die das Thier vollkommen einſchließen, und, geöffnet, oft mit zahlloſen Franſen beſetzt erſchei-

nen. Viel häufiger als die Kronen dieſer Thiere ſind ihre Stiele erhalten, welche aus einzelnen, meiſt rundlichen oder eckigen Gliedern beſtehen, in ihrer Mitte einen runden oder ſelbſt ſtrahligen Kanal und zum Theil ſehr ſchöne Zeichnungen auf ihrer Fläche erkennen laſſen. Von manchen iſt nur die Ausfüllungsmaſſe erhalten, welche man lange als ſ. g. Schraubenſteine kannte, während die Stielſtücke ſelbſt als Trochiten oder Bonifaziuspfennige beſchrieben wurden [12]). Nach Bronn kennt man 6 Species von Crinoiden aus der unteren, 65 aus der oberen Abtheilung der ſiluriſchen und 82 aus der devoniſchen Formation. Von ungleich größerer Wichtigkeit als die Echinodermen iſt die Klaſſe der Mollusken, deren vier verſchiedene pag. 484 aufgeführte Ordnungen ſämmtlich durch zahlreiche Arten repräſentirt werden. Namentlich ſind es die Brachiopoden, welche eine große Menge ſehr charakteriſtiſcher Formen liefern, und in dieſer frühen Periode die ſtärkſte Entwicklung erreicht haben.

3) Brachiopoden. Nur ſehr wenige der jetzigen Thiere gehören zu dieſer Ordnung der Mollusken, die hierher gehörigen Formen haben eine Schale, die aus zwei ungleichen Klappen beſteht. Die eine, größere, iſt die Rückenſchale a, welche mit dem Wirbel meiſt ſchnabelartig, c, über die Bauchſchale, b, hereingebogen iſt. In dieſer ſchnabelförmigen Verlängerung, deren innere Fläche Area heißt, oder in dem Zwiſchenraume zwiſchen Rücken- und Bauchſchale befindet ſich eine Oeffnung, aus welcher ein Band heraustritt, durch welches die Schale an Felſen angeheftet iſt; bei manchen iſt auch die Rückenklappe unmittelbar aufgewachſen. Der Rand der beiden Schalen, welcher zu beiden Seiten des Bandes ſich erſtreckt, heißt der Schloßrand, d e, und der Theil, in welchem beide zuſammengefügt ſind, das Schloß. Bei vielen ſind am Schloß gewöhnlich in der inneren Seite der Schalen Vorſprünge, welche in Vertiefungen der anderen eingreifen, ſ. g. Zähne (g h). Das Thier ſelbſt ſowie die beiden Seiten der Schalen ſind vollkommen ſymmetriſch gebaut; Mund, Magen und Darm liegen in der Mitte; alle anderen Organe, Herz, Gefäße u. ſ. f. ſind doppelt, ſo daß „die Brachiopoden als zwei Individuen zu betrachten ſind, welche,



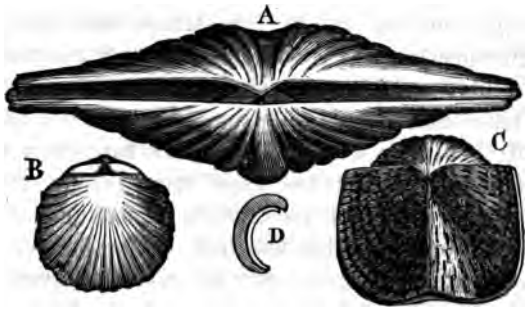
wenn auch in verſchiedenen Wohnungen, dennoch ſich zu einer gemeinſchaftlichen Haushaltung vereinigt und, der Bequemlichkeit wegen, dieſe Haushaltung zwiſchen ihren beiden Wohnungen unter ein gemeinſchaftliches Dach gebracht haben" (L. v. Buch). Der größte Theil des inneren Raumes wird von zwei eigenthümlichen Organen, den ſ. g. Armen, eingenommen, hornartigen langen Bändern, welche auf einem beſonderen kalkigen Gerüſte im Innern der Schale aufgewachſen und mit Franſen beſetzt ſind, von dem Thiere herausgeſtreckt, und ſpiralig aufgerollt wieder zurückgezogen werden können. Mit dieſen Armen erregt das Thier eine ſtrudelnde Bewegung im Waſſer, wodurch ihm die in demſelben ſchwimmenden Nahrungsſtoffe ſtets von Neuem zugeführt werden. Alle Brachiopoden leben in tiefen Meeren. Die Gattungen der Brachiopoden ſind meiſtens außerordentlich reich an Arten und liefern ſehr charakteriſtiſche Formen zur Beſtimmung der verſchiedenen Formationen, ſ. g. „Leitmuſcheln", wie man allgemein diejenigen Verſteinerungen nennt, welche ausſchließlich einer beſtimmten Formation oder ſelbſt einer beſtimmten Abtheilung derſelben angehören und zugleich überall da häufig angetroffen werden, wo ſich dieſe gebildet hat. Hier haben wir vor Allem zu betrachten die Gattung Terebratula, welche von den älteſten bis herauf zu unſeren Zeiten gelebt hat, und circa 1000 verſteinerte und circa 40 lebende Species enthält. Die Schale iſt ungleichklappig, gewölbt, die Bauchſchale hier und da flach. In der Spitze des Wirbels der Rückenſchale befindet ſich ein Loch, welches von dem Schloßrande durch ein kleines dreieckiges Kalkplättchen, dem ſogenannten Schildchen, deltidium, getrennt wird. Der Umriß iſt ſehr verſchieden, doch läßt er ſich, nach L. v. Buch, meiſt auf ein Fünfeck zurückführen; bei d befindet ſich der Wirbel, a a ſind die Schloß-, b b die Randkanten, c die Stirnkante oder der Stirnrand. Meiſtens iſt die Dorſalklappe gegen den Stirnrand eingeſenkt und es bildet ſich dann oft eine Furche von dem Wirbel bis zu dieſem aus, ein ſ. g. Sinus, wie es die hier von der Rücken- und der Bauchſeite aus abge-



bildete ſiluriſche Ter. Wilsoni erkennen läßt. Manche ſind vollkommen glatt, manche einfach geſtreift, manche haben ſtarke Rippen u. ſ. f. Nach dieſen Kennzeichen, nach der Beſchaffenheit des Schildchens, nach der Form des Durchſchnittes u. ſ. f. hat man dieſelben in verſchiedene Unterabtheilungen und dieſe in einzelne Species getrennt [13]).

Viele der Terebrateln ſind der ſiluriſchen und devoniſchen Formation gemeinſchaftlich, z. B. Ter. reticularis, aspera, nucula, doch hat jede auch wieder ihre beſonderen Formen; Ter. borealis, Wilsoni, prisca u. a. ſind ausſchließlich der ſiluriſchen, ferita, lepida, Wahlenbergi der devoniſchen Formation eigenthümlich. Sehr charakteriſtiſch für die älteſten Formationen ſind auch die Gattungen Spirifer, Orthis und Productus, von denen nur die erſtere etwas über die paläozoiſche Gruppe hinaus repräſentirt iſt, die beiden anderen mit dem letzten Gliede derſelben verſchwinden.

Die Spiriferen ſind Brachiopoden mit einem ſtark über das Schloß hervorſtehenden Wirbel in der Rückenſchale, während der der Bauchſchale ſich ſehr wenig darüber erhebt, einem geradlinigen Schloßrande und einem Sinus in der Rückenſchale. Eine




ſehr charakteriſtiſche Form iſt der in den devoniſchen Kalkſteinen der Eifel häufige Spir. speciosus (A), von oben betrachtet. Sie treten in zahlreichen Arten auf, manche gehören nur einer, manche zwei, manche ſelbſt drei Formationen zugleich an, finden ſich ebenſowohl in der ſiluriſchen, als auch in der Steinkohlenformation.

Die Gattung Orthis war früher mit den Spiriferen zu einer Delthyris genannten vereinigt; ſie zeichnet ſich dadurch von Spirifer aus, daß ſie keinen Sinus in der Rückenſchale hat, und daß die

Ventralſchale faſt ebenſo ſtark wie die Dorſalſchale über den Schloßrand mit ihrer Area emporragt. Auch von dieſer Gattung exiſtirten zahlreiche Arten; ſie ſind häufiger in der ſiluriſchen Formation, wie z. B. die hier (B) abgebildete Orth. testudinaria, während die Spiriferen mehr in der devoniſchen Formation und im Kohlenkalke entwickelt ſind [14]).

Die Producten haben ein geradliniges Schloß, eine concave Bauchſchale, keine Area; die Schalen, ſtark gebogen, hängen oft wie eine Schleppe über die Mitte herab und zeigen einen Durchſchnitt wie D. Sie treten in der devoniſchen Formation auf, erreichen ihre volle Entwicklung aber erſt in dem Kohlenkalk, aus dem der hier dargeſtellte Pr. scabriculus, C, ſtammt, und enden mit dem Zechſteine. Was viele noch auszeichnet, ſind eine Reihe von kalkigen dünnen Röhren am Schloßrande, aus denen wahrſcheinlich Fäden herausgetreten ſind, durch welche dieſe Thiere angeheftet waren. Nach Bronn kommen von Brachiopoden 151 in der unteren, 148 in der oberen Abtheilung der ſiluriſchen und 131 in der devoniſchen Formation vor, von denen viele jedoch gemeinſchaftlich in allen angetroffen werden.

4) Conchiferen oder Muſcheln. Ebenfalls zweiklappige Schale, welche ein Schloß, meiſt mit Zähnen und Wirbeln, beſitzt, wie die Brachiopoden, aber an demſelben noch ein Band, ligamentum, welches aus einer hornigen elaſtiſchen Maſſe beſteht, und theils in der Schale äußerlich unſichtbar, theils am Schloß außen befeſtigt iſt. Es iſt ſo angebracht, daß es durch ſeine Elaſticität die Schale öffnet, welche das Thier mittelſt eines oder zweier Muskeln ſchließt. Nie ſind die Schalen ſymmetriſch, wie bei den Brachiopoden, in eine rechte und linke Hälfte theilbar, ſondern ſtets unſymmetriſch. Dagegen ſind die beiden Klappen oft vollkommen gleich. Nach der Lage des Thieres in der Schale muß man dieſelbe ſo halten, daß die Wirbel nach oben ſtehen, man unterſcheidet daher eine rechte und linke Klappe, nicht mehr, wie bei den Brachiopoden, Rücken- und Bauchſchale. Ueber die fernere Benennung der Theile einer Muſchel herrſcht eine Verſchiedenheit unter den Zoologen, die einen nennen vorn, was die anderen hinten nennen. Die vordere Seite iſt nach Deshayes, Goldfuß, Bronn ꝛc. diejenige, an welcher der Mund des Thieres liegt; man erkennt ſie an den Schalen an gewiſſen Kennzeichen;

wenn, wie dies gewöhnlich der Fall iſt, die Wirbel etwas gedreht ſind, ſo ſind ſie nach vorn gerichtet, iſt das Band nur auf einer Seite der Wirbel, ſo iſt dieſes die hintere, ebenſo iſt in der Regel der hintere Theil der Schale von den Wirbeln an länger als der vordere u. ſ. f. Die meiſten können auf einem fleiſchigen, an der untern Seite der Schale hervorſtreckbaren Gebilde, dem Fuße, fortkriechen; manche ſind aber auch mit einer Klappe feſtgewachſen, andere bohren ſich in feſte andere Körper ein; gewöhnlich ſtecken ſie ſenkrecht im Sande oder Schlamme. Man hat die Muſcheln in zwei Abtheilungen, in Monomyaria und Dimyaria, ein- und zweimuskelige, eingetheilt; je nachdem ſie einen oder zwei Muskeln zum Schließen der Schale beſitzen. Dieſe beiden Abtheilungen fallen ziemlich genau mit den nach der natürlichen Stellung derſelben von d'Orbigny gemachten zuſammen. Die einen liegen nämlich auf der einen Schale, haben alſo eine ſeitliche Lage, die anderen ſtehen ſenkrecht. Erſtere nannte d'Orbigny Pleuroconchae, es ſind ſämmtliche einmuskeligen, nur eine Gattung (Chama) von den zweimuskeligen gehört noch dazu, die übrigen heißen nach ihm Orthoconchae. Alle Muſcheln leben im Waſſer, beſonders im Meere, wo ſie nur in geringen Tiefen und am Ufer ſich aufhalten, während ſie der hohen See und bedeutenderen Tiefen fehlen. Sie gruppiren ſich in eine große Zahl von Familien; bei den einmuskeligen ſind es aber nur drei, nämlich die Auſtern, Kamm- und Perlmuttermuſcheln, Oſtreaceen, Pectiniden und Aviculaceen. Auſtern fehlen ganz und Kammmuſcheln ſind ſehr ſelten in den alten Formationen, von den Aviculaceen kommen in der ſiluriſchen wie in der devoniſchen Formation mehrere Arten vor; ſie haben ein geradliniges Schloß, das beſonders nach hinten ſtark verlängert iſt, ſo daß die Wirbel faſt oder ganz vorne ſtehen. Es gehören hierher die Gattungen Avicula, Pterinea, Posidonomya oder Posidonia, Monotis, Perna, Inoceramus und Gervillia. Namentlich eine, die Posidonomya Becheri iſt eine Leitmuſchel für die obere Abtheilung der devoniſchen Formation, die Poſidonomyenſchiefer Sandberger's. Von den zweimuskeligen kommen ebenfalls mehrere Arten vor, doch ſind ſie in geognoſtiſcher Beziehung durchaus nicht von der Wich-

tigkeit, wie die bisher betrachteten Formen. Sehr zahlreich repräſentirt ſind auch die

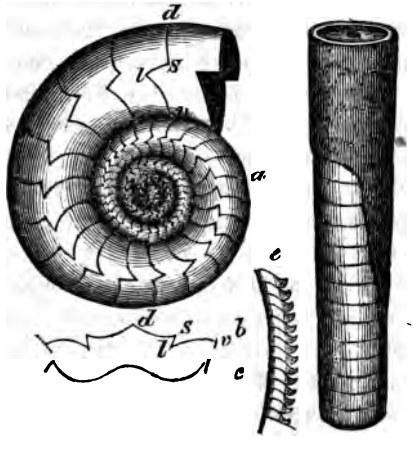
5) Gaſteropoden oder Schnecken, die zu den mit einem deutlichen Kopfe verſehenen Mollusken gehören. Diejenigen, welche Reſte hinterlaſſen haben, beſaßen alle ein ſpiralig gewundenes Gehäuſe, das bald thurmartig ſich erhebt, bald eine mehr flache, trichterförmige Schale darſtellt und in einer Spitze (apex, vertex) endet. Der Spitze gegenüber liegt die Baſis mit der Mündung oder Mundöffnung. In der Mitte des Gehäuſes befindet ſich die Spindel oder Säule, um welche die Windungen herumgehen, und zwar bei den meiſten von links nach rechts, wenn man die Spitze nach oben, die Mündung nach unten und gegen den Beſchauer zukehrt. Die Ränder der Mündung heißen Lippen; dieſelben ſind oft verlängert zu einem ſ. g. Schnabel, oder auch Schwanz. Aus den Gattungen Turbo, Trochus und Natica kommen mehrere Arten namentlich in dem devoniſchen Kalke der Eifel, wie der hier dargeſtellte Turbo squamiferus, vor; auch jetzt noch leben Arten davon in unſeren Meeren. Dagegen eigenthümlich und höchſt charakteriſtiſch für die paläzoiſche Gruppe ſind die Bellerophonten, wie B. bilobatus aus der Eifel, die in großer Anzahl auftreten und lange zu der nächſten Ordnung gerechnet wurden, zu den

6) Cephalopoden, Mollusken mit einem deutlichen Kopfe, Armen um denſelben und mit einer in einzelne Kammern abgetheilten Schale. Das Thier ſelbſt lebt nur in der vorderſten, ſteht aber mit allen folgenden, durch kalkige Scheidewände von einander getrennten, mittelſt einer häutigen Röhre, Sypho, in Verbindung. Wenn es nämlich wächſt, ſo daß ihm der Raum in der früheren Kammer zu klein wird, baut es ſich vor dieſer gleichſam eine neue größere und kommt ſo nach und nach von einer in die andere. Dieſe Kammern ſtehen nun entweder in einer geraden Linie und bilden einen ſpitzen Trichter, oder ſie ſind gekrümmt, und ſelbſt voll-

kommen ſpiralig aufgerollt. Gegenwärtig leben nur noch ſehr wenige Repräſentanten dieſer in den früheren Zeiten außerordentlich reich entwickelten Ordnung des Thierreiches; der bekannte Nautilus gehört hierher, von dem auch mehrere verſteinerte Species vorkommen.

Man hat zwei Familien unterſchieden, die Nautileen, welche von den älteſten Formationen bis in die jetzige Zeit hereinreichen, und die Ammoneen, welche nur der mittleren Zeit der Erdgeſchichte angehören und lebend nicht mehr angetroffen werden. Bei letzteren liegt jene Röhre, der Sypho, ſtets am Rücken, hart unter der Schale, und die Kammerſcheidewände zeigen ſtets eine Senkung auf der Mitte des Rücken; dieſes Kennzeichen fehlt den Nautileen, auch liegt bei ihnen der Sypho bald in der Mitte, bald am Bauche oder Rücken, ſonſt iſt kein durchgreifender Unterſchied zwiſchen beiden. Von beſonderer Wichtigkeit ſind aus der Familie der Nautileen die Clymenien und die Orthoceratiten.

Die Clymenien ſind ſpiralig aufgerollte Nautileen mit dem Sypho an der Bauchſeite und kommen in großer Anzahl und nur in devoniſchen Kalken vor. Die Scheidewände zwiſchen den einzelnen Kammern verlaufen nicht in einer kreisförmigen Linie an der Schale herum, ſondern mehr oder weniger ſanft wellenförmig,




c, oder ſelbſt ſtark winkelig, b, gebogen, wie es die folgenden Linien b, c darſtellen, welche man erhält, wenn man einen Streifen von durchſichtigem Papier über die äußerſte Windung eines ſolchen Thieres hinlegt, auf demſelben ſich jene Grenzen, die meiſt äußerlich ſichtbar ſind, aufzeichnet, und nachher daſſelbe flach ausbreitet. Die Buchſtaben bezeichnen auf Fig. a und b dieſelben Stellen. Die Einbiegungen der Scheidewände nach hinten, l, heißen Loben, die Erhebungen nach vorn, s, Sättel. Bei den Ammoniten bekommen dieſelben für die Unterſcheidung der Arten eine große Wichtigkeit. In dem

Grauwackenkalk des Fichtelgebirges kommen ſie in außerordentlicher Menge vor, Graf Münſter hat über 100 Species davon beſtimmt.

Von dieſen ſpiralig aufgerollten giebt es Uebergänge oder vielmehr Zwiſchenglieder, wie Phragmoceras, Cyrtoceras u. a., zu den vollkommen geraden, den ſ. g. Orthoceratiten. Dieſe haben meiſt einen runden Durchſchnitt, nehmen ſehr langſam an Dicke ab, ſo daß ſie bis zur Spitze hie und da 20 Fuß Länge gehabt haben mögen, wenn nämlich die Abnahme gleichmäßig erfolgte; es ſind jedoch keine ſo langen ganz angetroffen worden. Der Sypho liegt in der Mitte oder am Rande, iſt ein ſchmaler Kanal oder roſenkranzartig erweitert. Sie kommen ſchon in der ſiluriſchen Formation vor und nehmen ſchon in der Steinkohlenformation wieder ab. Die Scheidewände verlaufen bald vollkommen horizontal, wenn die Schale ſenkrecht gehalten wird, wie bei dem p. 519 dargeſtellten Orthaceratites regularis, von dem zur Hälfte die äußere Schale weggebrochen iſt, ſo daß die einzelnen Kammern als Steinkerne ſichtbar werden, bald ſind ſie ſchräg geſtellt, doch laſſen ſie keine Loben erkennen.

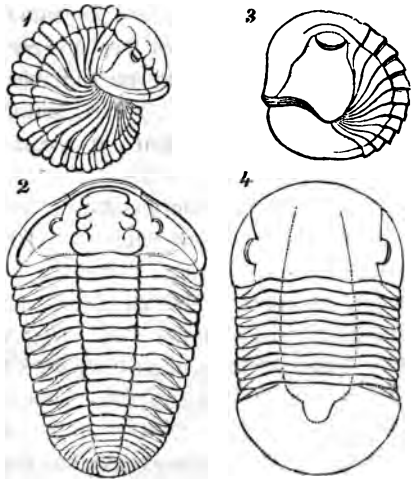
Aus der Familie der Ammoneen iſt es die Gattung Goniatites, welche als der erſte Repräſentant dieſer Familie in der devoniſchen Formation auftritt und ſich durch ſtärkere Einbiegungen der Kammerſcheidewände vor den Clymenien auszeichnet. Aus der Ordnung der Cephalopoden führt Bronn in der unteren ſiluriſchen Abtheilung 35, in der oberen 94 und in der devoniſchen Formation 270 Species auf. Von Manchen werden zu den Cephalopoden noch die Graptolithen gerechnet, ſehr räthſelhafte, der ſiluriſchen Formation eigenthümliche Gebilde, welche oft in großer Anzahl auf den Schiefern ſich abgedrückt finden, von denen eine Form, e, auf der vorigen Seite abgebildet iſt [15]).

Aus der Abtheilung der Arthropoda kommen einige höchſt merkwürdige Formen vor, welche nur auf die paläozoiſchen Gebilde beſchränkt ſind und zu der Klaſſe der

7) Cruſtaceen gehören. In dieſer Klaſſe finden ſich ſehr verſchiedene Ordnungen. Aus allen haben aber die Thiere einen deutlichen Kopf, Bruſtkaſten und Hinterleib und gegliederte Bewegungsorgane. Kopf und Bruſtkaſten zuſammen nennt man, wenn ſie zuſammenfließen und dem Baue nach nicht verſchieden ſind, den Cephalothorax; an dieſem befinden ſich die Freß- und Bewegungs-

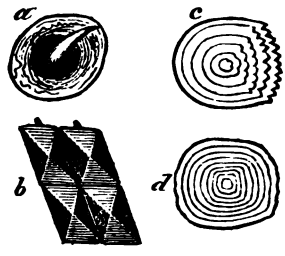
werkzeuge, Augen und Fühler. Nach der Zahl der hornartigen Ringe, welche ihren Körper bilden, nach der Menge und Beſchaffenheit der Bewegungsorgane hat man die verſchiedenen Ordnungen dieſer Klaſſe abgetheilt. Von beſonderer Wichtigkeit in den älteſten Formationen ſind die zwiſchen der Ordnung der Phyllopoden (Blattfüßer) und Pöcilopoden (Stachelfüßer) ſtehenden

Trilobiten [16]). Ihr Name, die Dreigelappten, ſoll eine Eigenſchaft ihres Baues anzeigen. Ihr Panzer läßt nämlich immer eine deutliche Dreitheilung erkennen, wovon der mittlere Theil den eigentlichen Rumpf repräſentirt, während die ſeitlichen nur flache Anhänge waren, unter welchen die Füße geſchützt blieben. Der Kopf hat eine halbmondförmige Form und iſt durch ſ. g. Näthe, welche einen verſchiedenen Verlauf haben und als erhabene feine Streifen ſich darſtellen, in verſchiedene Schilder getheilt. Die meiſten hatten ſtark hervorragende zuſammengeſetzte Augen, wie unſere Inſecten. Der Rumpf iſt bei den verſchiedenen Gattungen bald aus vielen, bald aus wenigen Ringen zuſammengeſetzt. Die geringſte bis jetzt beobachtete Zahl derſelben iſt 2, die gewöhnliche 10—14, aber auch mehr als 23. Die einzelnen Ringe greifen etwas über einander und ſind nicht feſt verwachſen, ſo daß der Leib beweglich war und viele ſich zu einer Kugel aufrollen konnten. Einige zeigen ſich auf der Oberfläche wie mit feinen Körnchen beſtreut, granulirt, andere auch nur mit feinen Linien verſehen. Nach der Zahl der Ringe und nach den Näthen am Kopfe hat man die verſchiedenen Abtheilungen und Gattungen aufgeſtellt, die ſich außerordentlich zahlreich namentlich in den ſiluriſchen Gebilden Böhmen's finden. Asaphus, Phacops, Calymene ſind ſolche viele Species enthaltende Gattungen, von denen hier noch einige Formen abgebildet ſind.



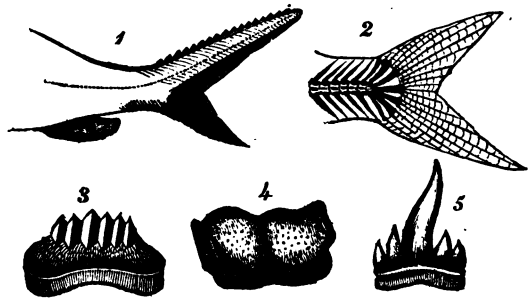
B. Wirbelthiere. In den paläozoiſchen Formationen ſind nur die Fiſche von einiger Bedeutung, indem man nur äußerſt ſpärliche Reſte von Amphibien angetroffen hat. Bis vor Kurzem hielt man den Zechſtein für die älteſte Formation, in welcher ſie ſich fänden, neuerdings hat Goldfuß eine Spur davon in dem Saarbrückiſchen Kohlengebirge, Mantell eine Species in devoniſchen Schichten Nordamerika's aufgefunden. Von größerer Verbreitung zeigen ſich ſchon die

8) Fiſche, über die Agaſſiz die genaueſten Studien angeſtellt hat. Nach dem Baue und der Beſchaffenheit der Schuppen hat er dieſelben in vier Ordnungen getheilt: in Placoiden oder Kornſchupper, welche mehr oder weniger unregelmäßige kleine oder große Schmelzplatten ſtatt der Schuppen haben, die oft mit Stacheln und Höckern verſehen ſind (a) und bei den Haifiſchen den ſ. g. Chagrin bilden; in Ganoiden oder Schmelzſchupper, mit rhomboidalen, knöchernen oder hornigen, von einer Schmelzſchichte überzogenen Schuppen (b); in Ctenoiden oder Kammſchupper, am hinteren Rande gezähnte Schuppen ohne Schmelz (c); Cycloiden oder Glattſchupper, glatte, ſchmelzfreie Schuppen, ohne Einſchnitte am Rand (d). Die beiden erſteren zuſammen entſprechen ſo ziemlich der früheren Ordnung der Knorpelfiſche, die zwei letzteren den Knochenfiſchen, doch gehören auch einige lebende Knochenfiſche zu den Ganoiden. Die neueſte Eintheilung der Fiſche iſt von J. Müller gemacht worden, der hauptſächlich in dem Bau des Anfangſtückes der großen, unmittelbar aus dem Herzen entſpringenden Arterie ein durchgängiges, die Ordnungen der Fiſche ſcharf ſonderndes Merkmal aufgefunden hat. Nach ihm zerfallen die foſſilen in drei Abtheilungen: 1) Ganoiden, die foſſilen Ganoiden Agaſſiz's bleiben alle bei dieſer; 2) Selachier, die nichtganoiden Knorpelfiſche Haie, Rochen u. ſ. f., alſo hauptſächlich die Placoiden; 3) Teleoſtei, die früheren Knochenfiſche, von denen nur wenige zu den Ganoiden gekommen ſind, alſo Ctenoiden und Cycloiden von Agaſſiz.

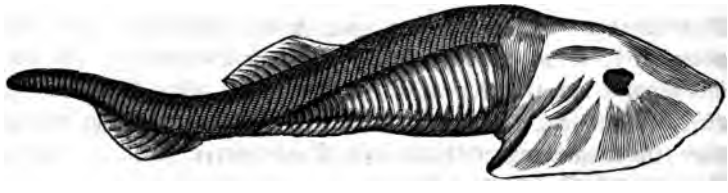



Nur in den oberſten Gliedern der ſiluriſchen Formation, den

Ludlowſchichten, treten Fiſche und auch dieſe nur ſpärlich aus den beiden erſten Abtheilungen Agaſſiz's auf, zahlreicher werden ſie ſchon in der devoniſchen, aber auch hier, wie überhaupt bis zur Kreideformation, gehören ſie nur den Placoiden und Ganoiden an. Beachtenswerth iſt auch der Bau der Schwanzfloſſe. Bei allen Fiſchen bis zum Zechſtein findet man nämlich, daß ſich die Wirbelſäule in dem oberen Lappen der Schwanzfloſſe bis an's Ende fortſetzt, dieſelbe alſo unten an der Wirbelſäule angeſetzt erſcheint (1), wie es die Haifiſche noch gegenwärtig erkennen laſſen, während bei den jetzt lebenden Fiſchen die Wirbelſäule meiſt vor der Schwanzfloſſe, in der Mitte derſelben, endet und dieſe ſich hinter und zu beiden Seiten jener ausbreitet (2). Die erſtere Art nennt man heterocerke, die letztere homocerke Floſſen. Außer den Schuppen, überhaupt der äußeren Form und dem Skelette der Fiſche finden ſich ſehr häufig und von manchen Gattungen der Knorpelfiſche allein Floſſenſtacheln, ſ. g. Ichthyodorylithen, und Zähne, von denen hier einige Formen abgebildet ſind.




Manche ſind ſehr ſcharf und ſpitz, ſelbſt gezähnt (5), andere ſind ſehr breit, rundlich und waren über die ganze Mundhöhle verbreitet. Der devoniſchen Formation ganz eigenthümlich ſind die höchſt ſonderbaren Formen der Familie der Cephalaspiden,



Cephalaspis Lyellii.

Ganoiden mit einem knorpeligen Skelette und wie mit einem Panzer von harten knöchernen Platten umgeben. Die Familie der Akanthodier, aus kleinen ganoiden Fiſchen beſtehend, und die der Cölakanthen, welche Fiſche von 20—30 Fuß Länge mit größeren harten, dachziegelförmig übereinander liegenden Ganoidſchuppen und kegelförmigen Zähnen enthielt, ſind ebenfalls ſehr zahlreich repräſentirt geweſen. Von den Placoiden ſind nur Zähne und Floſſenſtacheln enthalten; es müſſen, in der devoniſchen Formation wenigſtens, meiſtens Fiſche von bedeutender Größe, ähnlich unſeren Haifiſchen, geweſen ſein; nach der Form der Zähne hat man hauptſächlich die Gattungen aufgeſtellt und benannt. Aus der ſiluriſchen Formation kennt man nur 7 Species von Fiſchen, aus der devoniſchen ſchon 118 Species aus 47 Gattungen.

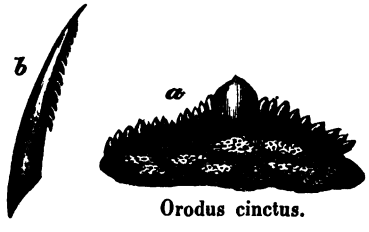
9) Amphibien. Ihrer Hautbedeckung nach unterſcheidet man nackte und bedeckte, Schuppen oder Platten tragende. Gewöhnlich theilt man ſie in vier Ordnungen: in Schildkröten, Chelonii, Eidechſen, Sauri, Schlangen, Serpentes, und in die nackten, Lurche, Batrachia. Nur ein Exemplar eines zu den Sauriern gehörenden Thieres hat man in der devoniſchen Formation gefunden, dem Mantell den Namen Telerpeton Elginense gegeben hat. In der ganzen paläozoiſchen Gruppe ſind nur 4 Species von Amphibien in wenig Exemplaren aufgefunden worden.

### Organiſation zur Zeit der Steinkohlenformation.

Im Allgemeinen zeigt ſich in Beziehung auf die thieriſche Organiſation kein beſonderer Unterſchied von derjenigen der beiden früheren Abtheilungen. Es ſind dieſelben Klaſſen und Ordnungen des Thierreiches, welche auch hier noch repräſentirt ſind, theilweiſe ſind es ſelbſt noch dieſelben Species. Auch hier ſind Korallen, Brachiopoden, Conchiferen und Cephalopoden die wichtigſten und am zahlreichſten vertretenen Ordnungen. Nach Bronn kannte man aus dem Kohlenkalke 1849 von Korallen 253 Species, von Brachiopoden 199, Conchiferen 186, Gaſteropoden 248, Cephalopoden 137, Cruſtaceen 30, Fiſchen 65 und Sauriern 1 Species, im Ganzen etwas über 1400 Species aus allen Abtheilungen dieſer Formation. Auch innerhalb der Ordnungen treten wenig neue Gattungen auf. Unter den Brachiopoden ſind es hauptſächlich noch Orthis und Spirifer, welche theilweiſe noch durch

dieſelben Arten wie in der ſiluriſchen Formation repräſentirt ſind, ſo iſt z. B. Orthis umbraculum, striatula, resupinata und Spirifer crispus der ſiluriſchen, devoniſchen und Steinkohlenformation gemein. Von den Cephalopoden ſind Orthoceras cinctum und imbricatum ebenfalls den drei erſten Formationen gemeinſchaftlich. Die Clymenien fehlen, dagegen ſind die Goniatiten aus der Familie der Ammoneen zahlreicher vertreten, welche ſich vor den Nautileen, wozu die Clymenien gehören, durch viel mannichfaltiger gewundene Kammerſcheidewände auszeichnen, namentlich iſt es für die des Kohlenkalkes charakteriſtiſch, daß auf dem Grunde des Dorſallobus ſich ein kleiner Sattel erhebt; die Grenzlinie zweier Scheidewände zeigt ſich bei den Goniatiten daher öfter gebogen als bei den Clymenien p.519.

Die Steinkohlenformation enthält auch die erſten Spuren von Landthieren, welche den älteren Formationen noch fehlten; man hat Reſte von einem ſkorpionähnlichen Thiere in Böhmen und mehrere Inſecten gefunden. Auch an Fiſchen iſt dieſe Periode ſehr reich geweſen; ſie gehören aber ebenfalls noch ſämmtlich den Placoiden und Ganoiden an und haben alle noch heterocerke Schwanzfloſſen. Namentlich die Haie ſcheinen außerordentlich zahlreich geweſen zu ſein, denn an manchen Stellen iſt der Kohlenkalk voll von ihren Floſſenſtacheln, b, und Zähnen. Die Familie der Ceſtracionten, mit breiten höckerigen und gefaltenen Zähnen, von denen der einzige Repräſentant in der Bai von Port Jackſon lebt, hatte in dieſer Periode ihre mächtigſte Entfaltung; das Genus Orodus (Bergzahn) iſt durchaus auf die Steinkohlenformation beſchränkt und zeichnet ſich durch die Form ſeiner Zähne aus; ebenſo die Hybodonten, welche zum erſten Male hier auftreten und im Allgemeinen die Form von Zähnen haben, welche Nr. 5 der Figur pag. 523 zeigt.



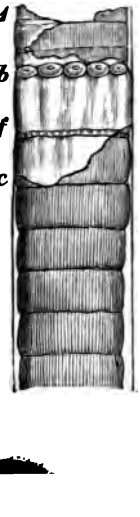
Orodus cinctus.

Was auch in der Steinkohlenformation noch ſehr auffallend hervortritt, iſt die große Gleichmäßigkeit der Organiſation über die ganze Erde, ſoweit man dieſelbe auch verfolgt hat. In Nordamerika, in Europa und am Ural, in Spitzbergen, in Bolivia und Auſtralien finden ſich nicht nur dieſelben Genera, ſondern auch

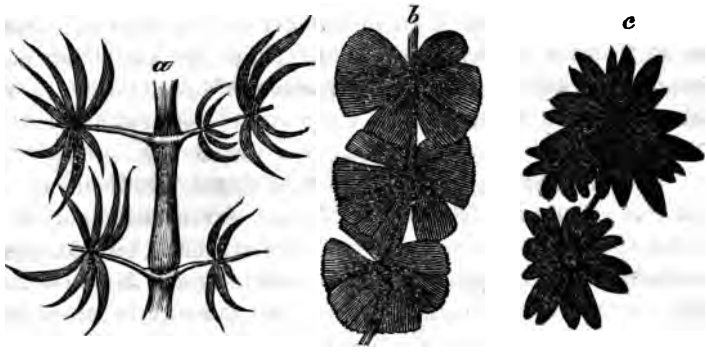
großentheils ganz identische Species von Thieren. Im Kohlenkalke von ganz Amerika und Europa finden sich 31 Species, welche beiden Continenten gemeinschaftlich sind und 29 derselben gehören nur dieser Formation an, mehrere derselben finden sich vom Altai bis zum Missouri und selbst in Bolivia wieder. Auf der Bäreninsel und Spitzbergen kommen, nach L. v. Buch, genau dieselben Species von Productus vor wie in Belgien. Von 83 Thierspecies, welche Mac Coy aus dem australischen Kohlengebirge sammelte, sind 11 Species ganz identisch und 9 kaum von denen in England zu unterscheiden, von den 39 verschiedenen Geschlechtern, welchen jene 83 Species angehören, finden sich 35 ebenso in England repräsentirt.

Dieselbe Gleichförmigkeit zeigt sich auch in der für die Geschichte der Erde ungleich wichtigeren pflanzlichen Organisation dieser Periode. Man kennt, nach Göppert, etwa 800 Species aus dieser Periode, während man im Ganzen zu der Zeit, als diese Zählung angestellt wurde (1849), aus allen Formationen nur 1800 Species kannte. Im Vergleiche mit der Flora der Jetztwelt, die man auf 80000 Species veranschlagt, fällt diese Armuth und Einförmigkeit sehr auf. Sie erklärt sich theilweise daraus, daß die eigentlichen Dikotyledonen ganz und die Monokotyledonen fast vollkommen fehlen, diese aber gegenwärtig $^4/_5$ der ganzen jetzigen Vegetation ausmachen.

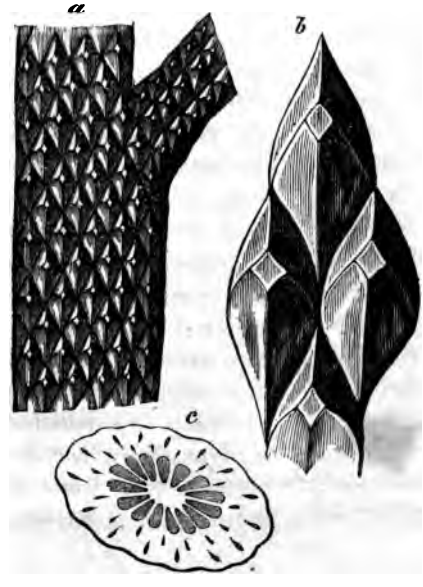
Von der I. Klasse der pag. 487 aufgeführten Abtheilungen der Pflanzen, den Zellpflanzen, sind uns nur wenige Spuren, auch aus älteren Formationen schon, und zwar aus der Familie der Algen oder Fucoiden, erhalten. Die große Weichheit dieser Gebilde macht dieses begreiflich. Dagegen hat die II. Klasse, die der akotyledonen Gefäßpflanzen, aus ihren drei Ordnungen sehr zahlreiche Repräsentanten geliefert, die zu ungeheuerer Größe, zu baumartigen Gewächsen, entwickelt waren. Aus der Ordnung der Equisetaceen war es hauptsächlich die Familie der eigentlichen Equiseten, die Kalamiten und die Asterophylliten, von denen die letzteren beiden heut zu Tage nicht mehrre präsentirt sind. Die Kalamiten (1) hatten einen hohlen, durch Scheidewände (f, c) in einzelne Glieder abgesetzten Stamm; in der Gegend der Scheide-



wände gingen außen (b) quirlförmig die Blätter ab, gerade wie bei unſeren in Sümpfen und auf feuchten Wieſen wachſenden Schachtelhalmen. Der Stamm war innen fein geſtreift und die meiſt allein erhaltene Ausfüllungsmaſſe des hohlen Stammes zeigt daher feine Streifen und Einſchnürungen in der Gegend der ehemaligen Scheidewände. Die Aſterophylliten waren kleinere Pflänzchen, die man nach der Form ihrer ebenfalls quirlförmig um den Stamm und




ſeine Zweige geſtellten Blätter in drei Gattungen: Asterophyllites (a), Sphenophyllum (b) und Annularia (c) getheilt hat, von denen hier Blätter und Zweige abgebildet ſind (Ast. foliosus, Sph. annulatum, An. fertilis).

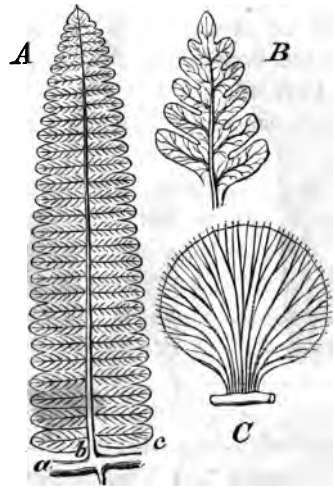



Sehr kräftig und baumartig entwickelt war auch die zweite Ordnung, die

2) Lycopodiaceen, deren jetziger Repräſentant die Gattung Bärlapp (Lycopodium), ein kleines moosartiges Pflänzchen, bildet. Hauptſächlich die Gattungen

Lepidodendron, Stigmaria und Sigillaria lieferten die Stämme von 40 Fuß Länge und darüber, welche man noch häufig in der Steinkohlenformation antrifft. Die den ganzen Stamm bekleidenden Blätter hinterließen zum Theil ſehr zierliche Vertiefungen und Narben, wie die vorſtehende Figur zeigt; a gehört dem Lepidodendron elegans (b in natürlicher Größe die Blattanſätze des letzteren zeigend) an, c iſt der Durchſchnitt eines Stigmariaſtammes, an welchem die mittleren Gefäßbündel zuſammengedrängt erſcheinen, während am Rande die Durchſchnitte der zu den Blättern gehenden in kleineren Maſſen ſichtbar ſind. Dieſe drei Gattungen ſind ausſchließlich auf die Steinkohlenformation beſchränkt. Unter allen Pflanzenfamilien bei weitem die überwiegendſte Entwicklung zeigen in dieſer Periode

3) die Farren, von denen man gegen 300 verſchiedene Arten aus dem Steinkohlengebirge kennt. Größtentheils nach den in den Schieferthonen aufbewahrten Blattabdrücken hat man die verſchiedenen Arten getrennt und benannt. Dieſe Schieferthone ſind oft wahre Herbarien, indem faſt nach jedem abgelöſten Schieferblatte neue Abdrücke zum Vorſchein kommen, welche die Blätter ſo getreu abgeformt haben, daß man die zarteſten Rippen und Nerven daran noch erkennen kann. Die Gattung Pecopteris iſt wohl die reichſte geweſen, man kennt bereits 80 Arten derſelben. An einem ſtarken Hauptnerven, A, a, ſaßen zu beiden Seiten kleinere, b, von welchen die einzelnen Nebenblättchen, c, abgingen; das Ganze bildet ein wedelförmiges Blatt, wie unſere Farrenkräuter es erkennen laſſen. Bei Neuropteris vertheilen ſich die Nerven gabelig in den Fiederblättchen, B, bei anderen verlaufen ſie fächerförmig (Hymenopteris), C, wie denn überhaupt eine große Mannichfaltigkeit der Anordnung der Nerven in den oft äußerſt zierlichen Blättern der alten Farren herrſcht.



Von den beiden nächſten großen Abtheilungen des Pflanzenreiches, den Gymnoſpermen und den Monokotyledonen, finden ſich nur wenige Spuren. Stämme von Coniferen hat man gefunden, welche unter dem Mikroſcope deutlich die eigenthümliche Structur des Holzes dieſer Bäume erkennen ließen und zwar diejenige Modification derſelben, welche nicht an unſeren nordiſchen Nadelhölzern, ſondern mehr den ſüdlichen, den Araucarien z. B., zukommt. Von Monokotyledonen hat man einige Reſte von Palmen angetroffen.

Die Flora der Steinkohlenformation zeichnet ſich alſo, im Ganzen betrachtet, durch eine große Armuth, Einförmigkeit und niedrige Entwicklungsſtufe aus. Das Erſte und das Letzte geht unmittelbar aus dem bisher Mitgetheilten hervor, das Zweite lehrt die Vergleichung der Reſte verſchiedener Länder. Dieſe hat ergeben, daß auf der Melville-Inſel und auf Spitzbergen, in England und Auſtralien dieſelben Formen von Gewächſen exiſtirten. Sie gehörten hauptſächlich den akotyledonen Gefäßpflanzen und unter dieſen wiederum den Farren an, welche faſt die Hälfte ſämmtlicher Species ausmachten. Die baumartigen Farren gedeihen gegenwärtig am beſten auf Inſeln, an Küſten und Ufern großer Ströme der tropiſchen Gegenden, nur da bilden ſie noch Waldungen; ein feuchtes, warmes, geringen Schwankungen der Temperatur unterworfenes Klima ſind alſo die Bedingungen, welche wir für dieſe Formen des Pflanzenreiches unerläßlich finden. Wir dürfen daher auch annehmen, daß zu der Periode der Steinkohlenbildung ein gleiches Klima in allen jenen Gegenden herrſchte, wo wir dieſe Pflanzen in ſo üppiger und mächtiger Entfaltung antreffen.

4) Die permiſche Formation. Gegenüber allen übrigen zeichnet ſie ſich durch eine ſehr große Armuth von Thier- und Pflanzenreſten aus. Von letzteren führt Bronn nur 76, von erſteren nur 193 Species auf. Sehr wenige derſelben ſind auch in anderen Formationen angetroffen worden. Unter den Pflanzen ſind ebenfalls Equiſetaceen und Farren die hauptſächlichſten Formen; die in der vorigen Periode ſo zahlreichen Lycopodiaceen fehlen faſt gänzlich; von Gymnoſpermen finden ſich einige Coniferen und Cycadeen; Palmen, überhaupt Monokotyledonen, werden dagegen ebenfalls vermißt. Auch die Fauna zeigt keine ſo mäch-

tige Entwicklung, als die der früheren Zeiten. Es treten keine anderen Ordnungen auf, als in den früheren Perioden, manche derſelben ſind jedoch verhältnißmäßig ſehr wenig zahlreich repräſentirt. Auch in dieſer Formation ſpielen die Brachiopoden und insbeſondere die Producten eine große Rolle, die hier zum letzten Male auftreten. Der Productus horridus iſt eine wichtige Leitmuſchel für den Zechſtein, er wird in Deutſchland, England und Spitzbergen gefunden. Orthis und Spirifer ſind ebenfalls in einigen dem Zechſtein eigenthümlichen Formen entwickelt und auch die Terebrateln kommen in ſehr charakteriſtiſchen Arten vor. Ziemlich verbreitet ſind einige Arten der Conchiferen, aus den Gattungen Avicula, Gervillia und Mytilus. Sehr arm dagegen iſt dieſe Formation an Gaſteropoden und Cephalopoden, von letzteren iſt nur ein einziger Nautilus gefunden worden; Orthoceratiten und Goniatiten fehlen. Ebenſo ſind die Trilobiten gänzlich verſchwunden und nur wenige Spuren von Gliederthieren überhaupt angetroffen worden. Reicher dagegen iſt die Fauna dieſer Periode an Fiſchen. Namentlich der Kupferſchiefer enthält eine große Menge derſelben. Es ſind zwar noch, wie früher, nur Ganoiden und Placoiden, aber zum erſten Male treten Fiſche mit homocerker Schwanzfloſſe auf. Die Gattungen Palaeoniscus mit dem für den Kupferſchiefer Deutſchland's ſo charakteriſtiſchen Pal. Freieslebenii, der zu der Familie der Lepidoiden aus der Klaſſe der Ganoiden gehört, welche durch ihre kleinen, aber gleich großen Zähne und ziemlich anſehnliche, dachziegelförmig mit einem Zapfen in einander greifende Schuppen ausgezeichnet iſt. Neben dieſer Familie war noch die der Sauroiden beſonders entwickelt, welche, im Allgemeinen der vorigen ähnlich, durch größere, zwiſchen den kleineren ſtehende Zähne von jener unterſchieden iſt. Von Amphibien ſind vier Species aus vier verſchiedenen Gattungen bekannt, doch haben dieſelben nur ſehr ſpärliche Reſte hinterlaſſen und waren jedenfalls nur in ſehr geringer Menge vorhanden.

Werfen wir noch einen kurzen Blick auf die Entwicklung der

organiſchen Weſen in der ganzen paläozoiſchen Gruppe, ſo können wir folgende Hauptreſultate aus derſelben ziehen.

1) Während dieſer ganzen Zeit herrſchte eine auffallend gleichmäßige Vertheilung und eine große Einförmigkeit der Flora und Fauna in allen Zonen der Erde.

2) Es ſind nur die niedrigeren Klaſſen der Pflanzen und Thiere repräſentirt geweſen.

3) Alles ſpricht dafür, daß überall auf der Erde ein gleichmäßiges warmes Klima vorhanden geweſen ſei.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum neunzehnten Kapitel.

[1]) zu S. 497. Die silurische Formation Böhmen's zeigt eine außerordentlich mächtige und mit einer reichen Entfaltung des thierischen Lebens verbundene Entwicklung, wie sie sonst nirgends auf dem Continente von Europa bekannt ist. Barrande hat dieses Vorkommen derselben mit der größten Genauigkeit untersucht. Auf versteinerungsleeren krystallinischen, nach oben in dichte übergehenden Schiefern lagern versteinerungsführende, sehr feine, mehr oder weniger glimmerhaltige grünliche Schiefermassen in einer Mächtigkeit von 300—400 Meter. Sie sind reich an eigenthümlichen Thierformen, Trilobiten und Cystideen besonders. Auf sie folgt zunächst eine Reihe von Quarziten oder Grauwacken, die später mit Schiefern wechseln, bis die Schiefer vorherrschend werden und die untere Abtheilung dieser Formation schließen. Die Mächtigkeit dieser Quarzite und Schiefer, welche den Llandeilo- und Caradocgebilden England's entsprechen, beträgt gegen 2000 Meter. Die obere Abtheilung besteht fast nur aus Kalksteinen mit wenig Schiefer, die sich sehr wohl in vier Etagen abtheilen lassen, von denen die unterste besonders reich an Thieren ist, indem allein aus der Ordnung der Cephalopoden 220 Species, von den Brachiopoden 60, von den Conchiferen 80, von den Gasteropoden 70—80 Species bekannt sind. Die oberste Etage bilden dann gegen 100 Meter mächtige, an Versteinerungen ziemlich arme Schiefer. (Cfr. Naumann, a. a. O. II. 354—363.)

[2]) zu S. 499. Ueber das rheinische Uebergangsgebirge hat besonders F. Sandberger, „das rheinische Uebergangsgebirge, 1844", ausführliche Untersuchungen angestellt. Nach ihm ist es ganz abweichend von dem englischen zusammengesetzt und läßt sich nur in drei Hauptabtheilungen, die sämmtliche unter dem Steinkohlengebirge liegenden Gebilde umfassen, bringen. Nach der vorwaltenden Zusammensetzung derselben und ihren charakteristischen Einschlüssen hat er die drei Gruppen auch so bezeichnet: 1) Untere oder sandige Gruppe, rheinische Grauwacke oder Spiriferensandstein (mit Spirifer macropterus); 2) mittlere oder kalkige Gruppe, Stringocephalenkalk (mit dem so bezeichnenden Brachiopoden Stringocephalus Burtini); 3) obere oder kohlige Gruppe, Posidonomyenschiefer (mit Posidon. Becheri).

[3]) zu S. 500. Diese Conglomerate sind oft außerordentlich mächtig und theilweise von ungeheueren Fragmenten benachbarter Gesteine gebildet. Bei Oslawan in Mähren wird, nach v. Hauer und Hörner, die ganze auf Gneiß ruhende Steinkohlenformation mit einer 300 Fuß mächtigen Conglomeratbildung eröffnet. In vielen Steinkohlenbassins Frankreich's gehört dies zu den gewöhnlichen Erscheinungen ..... überall aber stammen ihre Geschiebe meistentheils aus der unmittelbaren Nachbarschaft. Dies ist besonders auffallend bei dem Grundconglomerate des Bassins von St. Etienne und Rive de Gier; am ganzen Südostrande desselben, wo die Steinkohlenformation von Glimmerschiefer begrenzt wird, besteht auch das Conglomerat vorwaltend aus Fragmenten dieses Gesteins; am Westrande, wo sie auf Granit ruht, da findet sich wesentlich Granitconglomerat; am Nordrande endlich, wo Granit, Gneiß und Glimmerschiefer zugleich auftreten, da werden die sehr groben Conglomerate von Bruchstücken dieser drei Gesteine gebildet" (Naumann, a. a. O. II. p. 454). Daß derartige Conglomeratbildungen wirklich durch theilweise Zerstörung der benachbarten Gesteine entstanden sind, bedarf wohl weiter keines Beweises.

[4]) zu S. 501. Im Dählener Bassin, unweit Dresden, kennt man z. B. 4 und im Bassin von Zwickau 9—10 verschiedene Flötze; in Niederschlesien sind an verschiedenen Punkten 12—80, in Westphalen ebenso 20—70 verschiedene Flötze nachgewiesen worden, von denen freilich manche nur eine geringe Mächtigkeit besitzen. Im südöstlichen Reviere von Bristol kennt man 37 Flötze mit 82 Fuß Kohle; am Fuße der Mendizhills 50—60 sehr schmale und nur wenig bauwürdige Flötze; in Südwales, nach Hörner, 84 Flötze von 1 Zoll bis 9 Fuß Mächtigkeit, und in Lancashire, nach Binney, nicht weniger als 120 Flötze. In Belgien finden sich, nach Dumont, bei Lüttich 85 Flötze, während deren

bei Mons 115 bekannt sind. Im mittelrheinischen oder Pfälzer-Saarbrücker Kohlenbassin kennt man zwischen Bettingen und Tholey 164 Flötze mit einer summarischen Mächtigkeit von 338 Fuß. In Südrußland endlich, am Donetz, sollen, nach La Play, nicht weniger als 225 Ausstriche ebenso vieler verschiedener Flötze von mehr als 400 Fuß Gesammtmächtigkeit bekannt sein (Naumann, a. a. O. II. p. 496). Beispiele besonderer Mächtigkeit einzelner Flötze kommen an sehr vielen Orten vor. So kennt man bei Dudley ein 30 Fuß, bei Clackmanshire ein 90 Fuß mächtiges Flötz, welches letztere aber wahrscheinlich durch Uebereinanderschiebung zweier Theile desselben Flötzes entstanden ist. In Spanien, bei Sabero in Leon, zeigen sich einzelne Flötze von einer Mächtigkeit von 50 und 60, ja stellenweise von mehr als 100 Fuß.

5) zu S. 502. Man glaubte früher wohl ein verschiedenes Alter aus der verschiedenen Beschaffenheit der kohligen Massen erschließen zu können und nahm an, daß der Anthrazit älter als die Steinkohle, diese selbst nur der Steinkohlenformation angehöre und in jüngeren Formationen mehr dem Holze sich nähernde bituminöse Kohlen vorkämen. Nun hat sich aber auf das bestimmteste herausgestellt, daß ein und dasselbe Flötz Steinkohlen, Anthrazit und bituminöse Kohlen enthalte, daß in viel späteren Formationen, z. B. der jurassischen, Kohlen vollkommen gleich denen der Steinkohlenformation angetroffen werden, so daß dieser vermeintliche Altersunterschied nicht besteht. Es findet sich von der unveränderten Pflanzensubstanz in verschiedenen Braun- und Steinkohlen ein ganz allmählicher Uebergang bis zu dem reinen Kohlenstoffe, dem Anthrazit. In der Steinkohle ein und desselben Kohlenrevieres selbst schwankt der Kohlenstoffgehalt von 67,59 bis 87,95 %, die fehlenden Procente sind hauptsächlich von Wasserstoff, 5—6 %, und Sauerstoff und Aschenbestandtheilen gebildet. In den Braunkohlen beträgt der Kohlenstoff von 51—70 %, während er im Eichenholze 49,43 % ausmacht. In technischer Beziehung sind besonders zwei Abtheilungen von Wichtigkeit, die s. g. mageren und die fetten Kohlen. Letztere enthalten noch ziemlich viele flüchtige und bituminöse Bestandtheile, und eignen sich besonders zur Gasbereitung; erstere sind arm daran und können daher nicht zu diesem Zwecke benützt werden.

6) zu S. 502. Man glaubte in früheren Zeiten wohl häufig, daß die Steinkohlen nicht von Pflanzen herrührten, und machte die wunderlichsten Hypothesen, um ihren Ursprung zu erklären. Allen diesen ist durch die mokroscopische Untersuchung ein Ende gemacht, welche hauptsächlich von dem berühmten Botaniker Link angestellt und in den Abhandlungen der Berliner Academie aus dem Jahre 1838 veröffentlicht wurden: „Ueber den Ursprung der Steinkohlen und Braunkohlen nach mikroscopischen Untersuchungen" p. 33 ꝛc. Wir heben daraus das Resultat hervor, daß die Steinkohlen ihren Ursprung größtentheils torfmoosartigen Pflanzen verdanken, indem sie unter dem Mikroscope meistens eine ähnliche Structur wie unsere Torfpflanzen erkennen lassen, also nicht von baumartigen Gewächsen oder wahren holzigen Bäumen, höchstens zu einem geringen Theile von solchen herrühren.

7) zu S. 506. Nach einem 63jährigen Durchschnitte der Holzerzeugung durch zwei Hochwälder von Buchenholz fand Chevandier, daß dieselben in 100 Jahren eine Schichte Kohle von 7 Pariser Linien auf der Fläche, auf welcher sie wachsen, erzeugen würden. Nach Liebig kann die Kohlenstoff-Production eines Quadratfußes Land auf $^1/_{40}$ ℔ jährlich veranschlagt werden. Haben auch die Pflanzen in jenen früheren Perioden eine üppigere Vegetation gehabt, ist also in dieser Beziehung weniger Zeit nöthig gewesen, als wir annahmen, so wird dieses wieder durch die offenbar zu günstige dritte Annahme ausgeglichen, daß gar nichts von der Pflanzensubstanz und gar nichts von dem Kohlenstoffe derselben während der Umwandlung derselben zu Kohle verloren gegangen sei; beides konnte aber unmöglich der Fall sein, und besonders letzteres nicht, da bei der Zersetzung und Vermoderung der Pflanzen stets Kohlenstoff-Verbindungen, namentlich Kohlenwasserstoff-Verbindungen, sich bilden, welche gasartig sind und in die Luft entweichen.

8) zu S. 507. Auch der Umstand spricht zu Gunsten dieser Ansicht, daß man hie und da Kohlen unmittelbar auf krystallinischen älteren, kaum oberflächlich zersetzten Gesteinen gelagert findet. So findet sich in dem erzgebirgigen Bassin ein bis 5 Ellen mächtiges Flötz unmittelbar „auf der zersetzten und gebleichten Oberfläche des alten Thonschiefers." In Südamerika beginnt bei Amaga die Steinkohlenformation ebenfalls mit einem 3—6 Fuß mächtigen, auf Glimmerschiefer aufliegenden Kohlenflötze. Daß solche nicht von Bäumen herrühren können, ist offenbar, denn wie hätten diese unter solchen Umständen an jenen Stellen wurzeln können. Von Moosen, Flechten und anderen niedrigen Gewächsen können wir aber täglich sehen, daß sie auf Felsen gedeihen. — Für manche Fälle mag es wohl auch angenommen werden, daß sie aus Treibholz sich gebildet haben; die Möglichkeit, daß auch in der Steinkohlenperiode stellenweise ungeheuere Ansammlungen desselben entstanden seien, kann nicht geradezu in Abrede gestellt werden, obschon solche Verhältnisse, wie wir sie an den großen Strömen Amerika's wahrnehmen, wohl kaum damals vorhanden gewesen sein mögen. Wir haben nämlich gar keine Anzeichen dafür, daß so große Landmassen vorhanden waren, welche zu der Entwicklung mächtiger Ströme nöthig sind; im Gegentheil spricht Alles dafür, daß zu jenen Zeiten das Festland nur kleine, niedrige Inseln bildete, welche keine großen Ströme haben konnten.

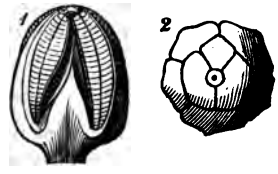
9) zu S. 509. Die Conglomerate spielen eine sehr große Rolle in der Zusammensetzung der unteren Abtheilung dieser Formation. Viele derselben sind ganz entschieden mechanischen Ursprungs, indem sie nach der wechselnden Beschaffenheit der benachbarten massigen Gesteine sich richten. Für den Thüringer Wald ist dies von Credner in seinem „Versuch einer Bildungsgeschichte der geognostischen Verhältnisse des Thüringer Waldes" p. 38 ꝛc. besonders klar gemacht worden. Granit, Glimmerschiefer, älterer Porphyr, Melaphyr, jüngerer Porphyr haben hier das Material zu den Conglomeraten geliefert und je nachdem diese Gesteine wechseln, wechselt auch das um sie ausgebreitete Conglomerat in seiner Zusammensetzung. Nicht alle Conglomerate sind jedoch als solche mechanische Trümmergebilde anzusehen; manche sind gewiß chemische Ausscheidungen. Dies gilt z. B. für das von v. Veltheim beschriebene eigenthümliche s. g. Hornquarzconglomerat am Harze, für das man sich vergeblich nach einem Gesteine umsieht, aus dessen mechanischer Zerstörung es entstanden sein könnte, das aus runden, 3—12 Zoll großen Kieselerdeknollen besteht, die, in großer Menge zusammengehäuft, mächtige geschichtete Massen bilden.

10) zu S. 510. Seit langer Zeit schon haben diese Gesteine und ihre gegenseitigen Verhältnisse die Aufmerksamkeit der Geologen auf sich gezogen. „Gyps und Dolomit stehen zu einander in einer gewissen Wechselbeziehung; der Dolomit scheint stets den Gyps, nicht dieser den Dolomit zu begleiten. In der Regel nehmen beide ihre Stelle zwischen dem Zechstein und dem Stinkstein ein und zwar so, daß der Gyps unter oder zwischen Dolomit zu liegen kommt.... Wo der Zechsteingyps mächtiger entwickelt ist, wie am südlichen Harzrande, da zeigt er sich als massiges Gestein, von regellosen Klüften durchzogen, ohne Spur von Schichtung. Ist seine Mächtigkeit geringer, so erscheint er, von Thon begleitet, als ein mehr oder weniger starkes wellenförmiges Zwischenlager zwischen den Kalksteinen, ihnen nicht selten in dünnen, mit buntgefärbtem Mergel und Thon abwechselnden Schichten conform gelagert" (Credner, Uebersicht der geognostischen Verhältnisse Thüringen's und des Harzes p. 77). Diese letztere Art des Vorkommens des Gypses zeigt deutlich, daß er kein plutonisches Gestein ist. Die verhältnißmäßig leichte Auflöslichkeit des Gypses mag die sonderbaren Formen seines Auftretens in Stöcken, Gängen und Lagern leicht erklären; ebenso lassen sich daraus locale Schichtenstörungen in seiner Nähe erklären. Wurden nämlich große Massen desselben von Wasser fortgeführt, so mußten mehr oder weniger bedeutende Senkungen der ober ihm gelegenen Schichten entstehen; umgekehrt lassen sich auch durch Umwandlung großer Mengen von Anhydrit in Gyps locale Aufrichtungen und Verwerfungen erklären, indem bei dieser Um-

wandlung ersterer 21 % Wasser aufnehmen und dadurch eine bedeutende Aufblähung erleiden mußte.

11) zu S. 510. 1831 wurde zuerst durch Glenk bei Langenberg unweit Gera das Steinsalz erbohrt; bekannt und von uns schon im IV. Kapitel erwähnt ist der artesische Brunnen von Artern, der in einer Tiefe von 986 Fuß das Steinsalz antraf. Bei Staßfurth hat man in dem Steinsalze selbst 154 Fuß tief gebohrt; dasselbe hat also jedenfalls eine bedeutende Mächtigkeit.

12) zu S. 513. Gegenwärtig sind die Crinoiden nur durch sehr wenige Repräsentanten vertreten, z. B. den kleinen Pentacrinus caput Medusae, über den J. Müller in den Abhandlungen der Berliner Academie sehr ausgedehnte Untersuchungen mitgetheilt hat (Jahrgang 1841: „Ueber den Bau des Pentacrinus caput Medusae", und Jahrg. 1853: „Ueber den Bau der Echinodermen"). In den älteren Formationen waren sie dagegen sehr mächtig entwickelt. Müller hat dieselben in drei Gruppen getheilt, in Articulata, Costata und Tesselata (gegliederte, gerippte und getäfelte). Zu den Tesselaten gehören zwei Familien, welche hauptsächlich den ältesten Formationen angehören, die Cystideen und Blastoideen; erstere sind der unteren silurischen Formation eigenthümlich, diese kommen noch im Kohlenkalke vor (cfr. L. v. Buch, „Ueber Cystideen ꝛc.", Abhandlungen der Berliner Academie 1844). — Der Körper der Crinoiden wird als s. g. Kelch von den Armen und der Säule, auf dem er ruht, dem gegliederten Stiele, unterschieden. Der unmittelbar auf der Säule aufruhende Theil heißt das Becken, das bei den meisten Gattungen fünfeckig, bei anderen auch sechseckig erscheint, aus 3, 4 oder 5 einzelnen Kalktäfelchen besteht, welche Müller als Basalglieder aufführt. Die auf sie folgenden Glieder werden gewöhnlich als Rippenglieder, costalia, bezeichnet, Müller nennt sie Kelchradien, radialia, auf welche nun bei den mit Armen versehenen die Arme folgen. Die Cystideen zeigen nicht immer eine derartige regelmäßige symmetrische Ausbildung der Kalktäfelchen, sondern sind, wie es unsere Figur im Texte erkennen läßt, unregelmäßig aus einer großen Anzahl von Kalktäfelchen zusammengesetzt, welche drei rundliche Oeffnungen zwischen sich frei lassen. Die Blastoideen haben äußerlich große Aehnlichkeit mit den Seeigeln, sind aber gestielt. Die Basis besteht aus 3 Platten, auf welche sich 5 Reihen von Täfelchen anschließen, zwischen welche sich 5 Reihen auf dem Scheitel sich vereinigender s. g. Ambulacraltäfelchen einschieben, welche von Poren durchlöchert sind, aus denen kleine stachelige Bewegungsorgane hervorstanden. Im Mittelpunkte des Scheitels liegt der fünfstachelige Mund und rings herum in jeder Ambulacralreihe je eine Oeffnung.




13) zu S. 515. Auch über die fossilen Brachiopoden verdanken wir L. v. Buch sehr gründliche Untersuchungen, die in die verwirrende Fülle dieser Ordnung der Mollusken Licht und Ordnung gebracht haben. Es sind besonders drei seiner Arbeiten hier zu nennen: 1) Ueber Terebrateln; 2) über Delthyris oder Spirifer und Orthis; 3) über Productus und Leptaena, die ebenfalls in den Abhandlungen der Berliner Academie aus den Jahren 1833, 1836 und 1841 enthalten sind. Die lebenden Terebrateln hat Cuvier und später R. Aven 1835 untersucht, seine Arbeiten darüber finden sich mitgetheilt in Oken's Isis. L. v. Buch theilt die Terabrateln in zwei Abtheilungen, in

A. Plicatae, Gefaltete. „Die ganze äußere Fläche der Schale ist ohne Ordnung mit Längenfalten bedeckt."

B. Non Plicatae, Ungefaltete. „Die Erhöhungen über die Schalenfläche sind bestimmt, in geringer Zahl und symmetrisch an den Seiten geordnet."

Die Abtheilung A zerfällt nun in

I. Plicosae. „Die Falten sind einfach vom Schnabel bis zum Rande; sie vergrößern sich in der Breite, aber nicht in der Zahl."

II. Dichotomae. „Die Falten zerspalten sich in ihrem Fortlauf, stehen am Schnabel wie Stäbe umher und vermehren sich in ihrer Anzahl gegen den Rand."

Die Abtheilung B enthält drei Gruppen, nämlich

III. Loricatae. „Die Rippen der größeren Dorsalschale sind die eingeschlossenen, die der kleineren Ventralschale die einschließenden. Sie alterniren daher in beiden Schalen."

IV. Cinctae. „Die Rippen correspondiren auf beiden Schalen, und vereinigen sich an der Stirne zu einem in sich zurückkehrenden Reife;" der Stirnrand ist nicht eingebogen.

V. Laeves. „Ueber der Schale hervortretende Theile erscheinen erst seit der Mitte der Länge." Oft ist auch die ganze Schale glatt, der Stirnrand ist immer eingebogen.

Nach den Einbiegungen der Schalen in der Mitte, nach dem Umrisse derselben von der Seite u. s. f. hat L. v. Buch nun diese fünf Gruppen weiter zerspalten, doch würde es zu weit führen, auch darauf noch hier einzugehen.

14) zu S. 516. Auch die Spiriferen- und Orthisarten sind in solcher Menge vorhanden, daß eine Eintheilung in Gruppen zur leichteren Orientirung sehr nöthig war. Auch dieses ist von L. v. Buch sehr glücklich gethan worden. Die Spiriferen hat derselbe zunächst in zwei Abtheilungen gebracht, in die der s. g. Alati, bei welchen der größte Breitendurchmesser mit dem Schloßrande zusammenfällt (wie Fig. p. 515) und in die der Rostrati, bei welchem die größte Breite mehr nach der Mitte der Schale zu liegt. Nach der Berippung und den Einbiegungen der Schale (sinus) sind diese beiden wieder in je zwei Gruppen zerspalten. Die Orthisarten zerfallen auch in zwei Abtheilungen, in die der Carinatae, die eine flache oder gewölbte Bauchschale und eine hochgekielte Rückenschale haben und in die der Expansae, deren Rückenschale breit, flach, ohne Kiel, deren Bauchschale concav ist.

15) zu S. 520. Diese Greptolithen sind theils gerade gestreckt, theils gebogen, theils mannichfach in einander geschlungen, meistens sehr dünn und flach, doch haben einzelne auch etwas größere Dicke. Es findet sich in der jetzigen Thierwelt gar nichts diesen Wesen Vergleichbares und ihre Stellung im Systeme ist daher noch höchst unsicher; Einige stellen sie zu den Ammoniten, Andere zu den Korallen, ohne daß sich bestimmte Gründe für diese oder jene Annahme anführen ließen. Sie sind geologisch von großer Wichtigkeit, weil sie sehr häufig und nur in der silurischen Formation angetroffen werden.

16) zu S. 521. Aus der Klasse der Crustaceen sind, nach Burmeister, wenige Repräsentanten auch aus der Ordnung der Phyllopoden in der Grauwackenformation erhalten, welche zu der Gattung Eurypterus und Cytherina gehören. Alle übrigen Formen gehören zu den Trilobiten, die namentlich in der silurischen Formation Böhmen's außerordentlich zahlreich entwickelt sind, schon in der devonischen Formation bedeutend abnehmen und in der Steinkohlenformation verschwinden. Die Trilobiten hatten höchst wahrscheinlich blattartig ausgebreitete, zum Schwimmen eingerichtete häutige Füße, von denen uns, ihrer Weichheit wegen, nichts erhalten ist, und lebten in seichten Meeren, nahe den Küsten, gesellig meist in großer Anzahl zusammen. An zusammengerollten Exemplaren von Calymene bufo aus Virginien will Castelnau wirklich noch dünne, blattartige Füße, am Mittellappen des Körpers sitzend, gefunden haben. (Neue Jahrbücher für Mineralogie von Leonhard u. Bronn, 1843, p. 568.)

# Zwanzigſtes Kapitel.

Secundäre Gruppe. Triasformation oder Formation des bunten Sandſteines, Muſchelkalkes und Keupers. Juraformation. Kreideformation. Organiſation während der Bildung dieſer Formationen.

Bei den einzelnen Formationen dieſer zweiten Gruppe kommt in noch viel höherem Grade, als bei der vorhergehenden, die ungleichartige Ausbildung derſelben an verſchiedenen Punkten der Erde zum Vorſchein und es iſt daher nicht mehr möglich, ein allgemeines Schema für jede Formation aufzuſtellen. Auch die organiſchen Einſchlüſſe laſſen, namentlich in den jüngeren Gliedern dieſer Gruppe, locale Verſchiedenheiten wahrnehmen, doch kommen immerhin noch viele gleichmäßig über die weiteſten Räume verbreitet vor und dieſe machen es uns möglich, trotz der übrigen Verſchiedenheiten, das Vorkommen und die Gleichheit ein und derſelben Formation an weit von einander entfernten Punkten zu erkennen und dieſelben mit einander zu vergleichen. Keine derſelben hat eine ſo große Verbreitung, wie ſie den paläozoiſchen Formationen zukommt.

5) Die Triasformation oder das Salzgebirge. Nach ihrer mineralogiſchen Ausbildung muß man dieſelbe in drei verſchiedene Abtheilungen bringen, welche man gewöhnlich als drei beſondere Formationen, als die des bunten Sandſteines, des Muſchelkalkes und des Keupers, aufführt. Dieſelbe findet ſich hauptſächlich im mittleren Europa und in England entwickelt und giebt ſich als eine muldenförmige Einlagerung zwiſchen älteren Gebirgen zu erkennen. Alberti *), der eine claſſiſche Schilderung dieſer

*) F. v. Alberti, Beitrag zu einer Monographie des bunten Sandſteins, Muſchelkalks und Keupers. 1834.

Formation geliefert hat, zeigt, daß vier von einander getrennte Mulden vorhanden waren, in welchen sie sich ausbildete. Die erste: zwischen Schwarzwald, Odenwald, Spessart, Thüringerwald, und Fichtelgebirge; die zweite: zwischen dem Thüringerwalde, dem rheinischen Schiefergebirge, Harz und Vogtländischen Gebirge; die dritte: zwischen Vogesen und Hardt, rheinischem Schiefergebirge, dem linken Moselufer und dem Jura; die vierte: die von dem Zee, Weaver und Mersey bewässerte Centralfläche England's.

Daß an diesen Orten wirklich eine muldenförmige Einlagerung Statt fand, giebt sich, nach Alberti, dadurch zu erkennen, daß alle diese Gebilde am Ausgehenden schwächer, gegen die Mitte jener Bezirke aber mächtiger werden und daß sie sich über jene ringförmig von Gebirgen umgebene Landstriche verbreiten. Außerdem hat man auch noch kleinere Parthieen von triasischen Gebilden östlich von Berlin (bei Rüdersdorf), in Schlesien und Polen, wo der Muschelkalk stellenweise reich an Zink-, Eisen- und Bleierzen ist, in Ungarn u. s. f. und in einem Theile der Alpen angetroffen. Nach Alberti bedeckt der bunte Sandstein in Deutschland 500, der Muschelkalk 360, der Keuper 350 geogr. □ Meilen.

Nicht überall sind die sämmtlichen Glieder dieser Formation ausgebildet, z. B. fehlt der Muschelkalk in England, und nur bunter Sandstein und Keuper sind entwickelt. Im Allgemeinen besteht der bunte Sandstein hauptsächlich aus Sandsteinen, der Muschelkalk aus Kalk, und der Keuper aus bunten Thonen oder Letten und Sandstein; doch kommen Gyps, Dolomit, Steinsalz, überhaupt alle die genannten Gebirgsarten, wenn auch in untergeordneten Massen, in allen drei Formationen vor. Namentlich das Steinsalz zeigt sich sehr häufig in ihnen, so daß man die Trias auch öfter unter dem Namen des Salzgebirges aufführt. Gewöhnlich liegen sämmtliche Glieder derselben in concordanter Lagerung und horizontal geschichtet über einander, doch kommen Ausnahmen von beiden Verhältnissen vor. Auch diese Formation hat noch eine sehr bedeutende Mächtigkeit erreicht; der bunte Sandstein ist, nach Alberti, circa 1400, der Muschelkalk 1030, der Keuper circa 1000 Fuß dick. Nach Alberti zeigt in Deutschland die Trias folgende verschiedene Unterabtheilungen und Gliederung:

a) Der bunte Sandstein zerfällt in zwei Abtheilungen, eine untere, den s. g. Vogesensandstein, welcher aus Thonsand-

steinen, Conglomeraten, Kieselsandsteinen und Schieferlettenschichten zusammengesetzt ist und in den Vogesen besonders mächtig auftritt; dann in eine obere, den eigentlichen bunten Sandstein. Dieser ist ein dickgeschichteter Thonsandstein mit bunten Farben, indem gewöhnlich rothe und weiße oder rothe und grüne Flecken und Streifen in ihm erscheinen, doch herrscht in den meisten Gegenden die rothe Farbe vor, weshalb auch in England diese Formation als New red, im Gegensatze zu dem (devonischen) Old red sandstone, bezeichnet wird. Das Bindemittel dieser Sandsteine ist größtentheils thonig, häufig auch kieselig, überhaupt lassen viele dieser Sandsteine erkennen, daß sie (nach den pag. 354 angegebenen Gründen) keine mechanisch, sondern chemisch aus aufgelöster Kieselsäure gebildeten Gesteine sind. Außer dieser Art von Sandstein kommen auch noch Plattensandsteine, Gyps und Dolomit mit jenen wechselnd in dieser Abtheilung vor. „Nach oben verschwindet der bunte Sandstein beinahe überall allmählich, es legen sich bunte, meist rothe Schieferletten an, welche dem Keuper auffallend ähnlich sind. Diese wechseln mit Mergeln, mehr oder minder sandig oder dolomitisch; die Kalkerde wird endlich vorherrschend und es sondern sich Kalksteine, Kalkmergel oder dolomitische Mergel aus" (Alberti). Diese vermitteln so einen ganz allmählichen Uebergang zu dem

b) Muschelkalk. Die eben erwähnten Glieder faßt Alberti unter dem Namen Gruppe des Wellenkalkes zusammen, weil die Schichten desselben außerordentlich dünn, selbst schieferig, meistens eine auffallend wellige Beschaffenheit erkennen lassen. „Sie ist bedeckt mit dunklem Thone und Anhydrit, in welchem sich dolomitische Schichten und Steinsalz finden. Der Anhydrit, bedeckt mit dolomitischen Mergeln, ist vorherrschend, deshalb nenne ich diese Reihe Anhydritgruppe" (Alberti). Von Versteinerungen findet man in dieser Gruppe nicht eine Spur, dagegen zeigt sich Steinsalz in bedeutenden Massen; bei Dürrheim z. B. erreicht es mit Zwischenlagen von Thon und Anhydrit eine Mächtigkeit von 169 Fuß [1]). Die dritte und oberste Gruppe des Muschelkalkes bildet der Kalkstein von Friedrichshall. Derselbe besteht meist aus einem dichten grauen, oft an bituminösen Stoffen sehr reichen Kalke. „Durch seine geregelte parallele Richtung, durch die Gleichförmigkeit in seinem ganzen Habitus zeichnet sich dieser Kalkstein

in hohem Grade vor dem Wellenkalke und vor allen neueren Bildungen aus" (Alberti). An manchen Orten wimmelt derselbe von Versteinerungen, und davon hat die Formation ihren Namen Muschelkalk erhalten.

c) Die Keuperformation. Sie besteht vorwaltend aus bunten Mergeln und Letten, zu denen sich in nicht unbeträchtlicher Menge Sandsteine, und in geringerer Dolomit, Gyps und Steinsalz gesellen. Auch diese Abtheilung der Trias kann man leicht in drei Glieder oder Gruppen zerfällen. Alberti unterscheidet 1) die Gruppe der Lettenkohle. Diese zeigt sich an verschiedenen Orten sehr wechselnd zusammengesetzt, gewöhnlich ist das unterste eine Reihe von schiefrigen Thonen und Mergeln, oder auch Dolomiten, auf welche die s. g. Lettenkohle, eine unreine, thonige und kiesige, fast gar nicht zu gebrauchende Kohle folgt. Auf ihr ruhen wieder Mergelschiefer und sehr constant ein dunkelfarbiger, dichter, sehr fester gelblich geflammter Dolomit „Flammendolomit" (Quenstedt), welcher den Schluß dieser Gruppe bildet, die sich durch ihre grauen oder gelblichen Farben vor den bunten Massen der nächsten auszeichnet, die daher als 2) Gruppe der bunten Mergel mit Gyps von Alberti aufgeführt wird. Die Mergel herrschen in dieser bedeutend vor; zwischen ihnen eingeschlossen finden sich Gyps- und Dolomitmassen. Namentlich in dieser Gruppe hat man einen regelmäßigen Wechsel von verschiedenen gefärbten Mergeln beobachtet, oft zeigen sich aber dieselben sehr unregelmäßig wellig und flammig durch einander gemengt. Nach oben treten an vielen Orten wieder Sandsteine auf, als 3) Gruppe der bunten Mergel mit Sandsteinen. Auf bunte Mergel folgen nun verschiedene Arten von Sandsteinen; zuerst feinkörnige, die von Jäger wegen ihrer Pflanzenabdrücke s. g. Schilfsandsteine, darauf eine Reihe von kieseligen, mit dolomitischen Mergeln wechselnden Sandsteinen und zum Schlusse ein grobkörniger, dessen oberste Schichten an manchen Gegenden eine wahre Knochenbreccie bilden, indem sie mit zahllosen Fragmenten von Knochen, mit Zähnen, Schuppen und Koprolithen (versteinerten Excrementen) von Fischen und Sauriern erfüllt sind.

In der angegebenen Weise ist die Triasformation hauptsächlich in Schwaben und Franken entwickelt [2]). Abweichend davon zeigt sie sich in anderen Gegenden zusammengesetzt, am merkwürdigsten

in den Alpen, sowohl an dem Nordabfalle als auch an dem Südabfalle derselben. Auch dort zeigt sich eine dreifache Gliederung dieser Formation, von denen die unterste als bunter Sandstein, die zweite als Muschelkalk, welcher nach oben in Dolomit verläuft, wohl charakterisirt sind. Schwieriger und höchst eigenthümlich durch ihre Einschlüsse ist die dritte Gruppe, die hauptsächlich aus Mergeln und Kalksteinen besteht, und große Salzstöcke einschließt. Wir werden bei der Betrachtung der Organisationsverhältnisse dieser Formationen noch einmal darauf zurückkommen, da eben diese es sind, welche die Deutung und Vergleichung dieser Gesteine mit denen der Trias an anderen Orten so räthselhaft und schwierig machen.

6) Die Juraformation, das Oolithgebirge. Auch diese Formation zeigt an verschiedenen Orten ihres Auftretens eine sehr verschiedene Ausbildung, so daß nur für einzelne Localitäten Schilderungen derselben gegeben werden können. Besonders mächtig entwickelt, und seit längerer Zeit gründlich untersucht ist sie in England, weshalb auch viele englische Namen zur Bezeichnung ihrer einzelnen Unterabtheilungen in Deutschland gebräuchlich geworden sind. Dort kann man nun sehr wohl vier verschiedene Etagen, wie man häufig Unterabtheilungen der Formationen nennt, annehmen, die man als Lias, Bath-, Oxford- und Portlandgruppe unterschieden hat. In Deutschland dagegen ist sie durch die Natur selbst in drei sehr wohl gesonderte Abtheilungen zerfällt, die man als Lias oder schwarzen, mittleren oder braunen und oberen oder weißen Jura bezeichnet.

Wir halten uns im Folgenden größtentheils an das Vorkommen des Jura in Süddeutschland, wo er durch Würtemberg und Bayern in großer Ausdehnung entwickelt und neuerdings durch die ausgezeichneten Arbeiten Quenstedt's*) in allen seinen Verhältnissen genau bekannt geworden ist.

Was zunächst die Gesteine betrifft, so sind dieselben vorzugsweise im unteren und oberen Jura Kalke und Mergel, im mittleren Sandsteine und Thone; doch spielt namentlich der Dolomit im oberen eine sehr große Rolle; in England sind die oolithischen Kalke so mächtig entwickelt, daß die ganze Formation davon den

*) Quenstedt, das Flötzgebirge Würtemberg's.

Namen Oolithgebirge erhalten hat, doch kommen auch noch andern Gesteine in derselben Formation an allen Orten vor.

a) Liasformation. Wie L. v. Buch sehr passend ausdrückt, bildet sie gleichsam einen Teppich, auf welchem die beiden andern Abtheilungen des Jura emporragen; sie tritt nämlich weit unter jenen beiden hervor und bildet auf geognostischen Karten einen mehr oder weniger breiten Saum um die ganze Juraformation. Auch in ihr kann man wieder drei Etagen, eine untere, mittlere und obere, unterscheiden, welche sowohl durch ihre mineralogische Zusammensetzung, wie durch ihre organischen Einschlüsse von einander abgegrenzt, jedoch nicht überall entwickelt sind. In Würtemberg besteht die untere aus Sand- und Thonkalken, welche zuletzt als reine Thone endigen; darauf folgen als die mittlere graue Kalkmergel und dunkle Thone, und als die obere sehr bituminöse Mergelschiefer, welche untergeordnete Lagen eines harten stinkenden Kalkes enthalten und endlich oft mächtige Massen von Schieferthon und Thon, die häufig reich an Thoneisenstein sind.

Schon für Franken trifft jedoch diese Beschreibung nicht mehr ganz zu, hier sind statt der untersten Schichten oft Sandsteine entwickelt, wie denn überhaupt gerade der Lias sehr große Verschiedenheiten in Beziehung auf seine Zusammensetzung erkennen läßt und selbst an Orten, welche nicht weit von einander entfernt sind, sehr abweichende Verhältnisse zeigt, so daß die unteren Abtheilungen desselben z. B. ganz fehlen, oder selbst die ganze Liasformation auf die Ausbildung weniger Schichten beschränkt ist [3]).

b) Mittlerer oder brauner Jura. Sandsteine und zwar eisenschüssige, braune, sind die vorherrschenden Massen in dieser Abtheilung, doch sind Thone gar nicht selten und bilden namentlich den Anfang, so wie den Schluß derselben. „Mit dem unteren Thon erhebt sich zugleich das Gebirge über dem unten fast wie eine Ebene sich fortziehenden Schiefer des Lias. Und unmittelbar auf die obere Schichte folgen die Lager von Kalkstein" (des oberen Jura). L. v. Buch. In Süddeutschland zerfällt daher auch der mittlere Jura in drei Unterabtheilungen, die nach Quenstedt wieder je zwei Etagen enthalten. Zu unterst kommt ein unmittelbar in den Lias übergehender Thon, darauf Sandmergel und gelblich braune Sandsteine. Diese letzteren sind meist sehr feinkörnig und weich, werden jedoch an der Luft hart und geben gute Bau-

steine. Sie sind sehr weit verbreitet in derselben Weise vorhanden, in Würtemberg wie in Franken (der sogenannte Griassandstein A. Wagner's). In geringerer Mächtigkeit, als diese Sandsteine, kommen als mittlere Etage graulich blaue Kalksteine und Kalkmergel. Als obere Etage und den Schluß des braunen Juras bildend, kommen wieder Thone mit verkiesten Petrefacten und braunen oolithischen Kalksteinen, auf welche abermals Thone folgen, die jedoch manchmal fehlen, so daß die braunen oolithischen Kalke, welche sehr weit verbreitet angetroffen werden, diese Abtheilung des Jura schließen [4]).

c) Oberer oder weißer Jura. Diese Abtheilung hat ihren Namen von dem überwiegenden Vorherrschen eines wohlgeschichteten, dichten weißlichen Kalksteines, der in manchen Gegenden ganz allein dieselbe zusammensetzt. Doch gesellen sich zu ihm auch noch häufig Mergel und als ein sehr charakteristisches, meist die obersten Massen in auffallenden Formen bildendes Gestein der Dolomit. Sandsteine und Thone treten ganz zurück. In Würtemberg hat der obere Jura allein eine Mächtigkeit von 800 bis 1000 Fuß und zerfällt, nach Quenstedt, ebenfalls in drei Etagen, die sich jedoch fast nur durch ihre organischen Einschlüsse, ihre Petrefacten, von einander unterscheiden lassen. Gewöhnlich zeigen sie auch noch, im Großen betrachtet, folgende Unterschiede von einander; die untere Etage besteht vorzugsweise aus wohl geschichteten mergeligen und thonigen Kalken; die Petrefacten in derselben sind häufig noch verkiest, d. h. in Schwefelkies verwandelt; die mittlere besteht aus plumpen, dick geschichteten reinen Kalkmassen mit kalkigen Versteinerungen; die obere läßt häufig ungeschichteten Kalk mit Dolomit und als oberstes Glied sehr fein in dünnen Platten abgesonderten Kalk erkennen, der bei Solenhofen die sogenannten lithographischen Schiefer bildet. Diese oberste Abtheilung ist sehr reich an Korallen, die häufig verkieselt sind [5]). Auch in Franken findet sich noch fast ganz dieselbe Ausbildung des weißen Jura, der in Süddeutschland am mächtigsten unter den drei Abtheilungen dieser Formation entwickelt ist, und nirgends sonst eine derartige bedeutende Ausbildung erreicht hat. In England ist der obere Jura viel weniger mächtig, dagegen ist der mittlere ebenso wie in Frankreich vorwiegend, während er in Süddeutschland zurücktritt, so daß eine Vergleichung des Auftretens in diesen verschie-

denen Ländern sehr schwierig ist. Wir haben auch an den Versteinerungen nicht immer die nöthigen Anhaltspunkte zu diesem Behufe; die localen Verschiedenheiten waren schon von allzugroßem Einfluß; denn wenn auch viele derselben noch in allen Ländern angetroffen werden, so ist doch ihre Vergesellschaftung nicht überall die gleiche. Formen, die in Deutschland nie mit einander vorkommen, in verschiedenen Etagen auftreten, liegen in Frankreich unmittelbar neben einander und umgekehrt, so daß nur im Allgemeinen die großen Abtheilungen und die Altersfolge derselben an den verschiedenen Localitäten mit einander verglichen werden können.

Es würde zu weit führen, wollten wir die Entwicklung dieser Formation in den verschiedenen Ländern näher betrachten, wir verweisen auf Anmerkung 6 zu diesem Kapitel, wo wenigstens die Ausbildung derselben in England kurz angegeben ist, weil dieselbe häufig zur Vergleichung und als Norm für andere Länder angenommen wird.

Betrachten wir die Verbreitung dieser Formation auf geologischen Karten, so sehen wir, daß sie einen verhältnißmäßig schmalen Saum von dem Schweizer Jura an durch Würtemberg und Bayern bildet, der in diesen Ländern eine nordöstliche Richtung verfolgt, bis er sich bei Regensburg rasch nach Norden biegt und bis Koburg in südnördlicher Richtung verläuft. Diese letztere kommt ihm ebenfalls in Frankreich hauptsächlich zu, von der Mosel bis zur Saone und bis nach Lyon. „Es wird hierdurch", sagt L. v. Buch, „ein großer und weiter Kessel umschlossen, welcher in seinem Innern die Thäler der Saone, der Mosel, dann des Rheines von Schaffhausen bis Bingen mit allen seinen Zuflüssen, selbst auch mit dem ganzen Mainthale enthält. Die nördliche, nicht von diesem Jura umgebene Seite, wird von den viel älteren Grauwacken- und Schiefergebirgen des Hundsrücks, des Taunus und Westerwaldes, endlich des Thüringerwaldes fast völlig verschlossen. Es ist eine Umgebung, wie eine ungeheure Festung, welche fast von allen Seiten von ihren Festungsgräben umringt ist. Denn so wie ein mit Glacis versehener Graben ein äußerer Wall, so ist auch hier die äußere Form dieser Juragebirge. Ihre steileren, ja oft fast senkrechten Abstürze sind auf ihrer ganzen Erstreckung gegen das Innere des Kessels gerichtet, sanfte Ab-

hänge dagegen, die Contre-Escarpe der Festung, gegen das Aeußere. Die so sehr zerrüttete Schweiz macht allein von diesem auffallenden Gesetz in ihrem Jura eine scheinbare Ausnahme. Die Folge dieser Stellung ist, daß die älteren, unterliegenden Schichten dieses Walles nur gegen das Innere hervortreten und beobachtet werden können. Gegen außen hin aber bedecken die letzten und obersten Schichten dieser Bildung den ganzen Abhang und verstatten nur selten, in aufgebrochenen Thälern einige tiefere Schichten zu sehen. In das Innere dieses so seltsam und wunderbar umgebenen Landes dringen die Juragesteine nicht vor." Aber ebenso wenig findet man da innen Schichten der nächstfolgenden, der Kreideformation; überall hat sich dieselbe auf dem sanften Abhange nach außen hin abgelagert. Dieses Alles zusammengenommen, scheint zu beweisen, „daß die Juragebirge fast durchaus ursprünglich wallartige Dammgebirge sind, Korallenriffe im Meere." Ob wir wirklich im Jura ein ungeheueres Korallenriff vor uns haben, das ist wohl noch nicht ganz sicher ausgemacht[7]), wenn sich aber auch dieser eine Schluß L. v. Buch's nicht bestätigen sollte, so bleibt doch seine eben mitgetheilte meisterhafte Darstellung der Verhältnisse dieser Formation in allen ihrer Einzelheiten wahr und giebt ein so getreues Bild von der merkwürdigen Ausbildung derselben in den genannten Ländern, wie wir es für wenige andere besitzen.

Zwischen der Juraformation in ihren obersten Meeresbildungen und der nächstfolgenden, der Kreideformation, findet sich an manchen Orten eine Reihe von Schichten, welche durch ihre Einschlüsse deutlich zu erkennen geben, daß sie gemischten Ursprunges sind, wohl an der Einmündung eines Flusses in das Jurameer wie unsere Deltabildungen entstanden und daher auch meist Süßwassermuscheln und Landpflanzen eingeschlossen halten. Da sie im südöstlichen England in dem Theile, welcher the Weald genannt wird, zuerst bekannt und erkannt wurde, so hat sie den Namen

Wealdenformation erhalten. Gegenwärtig sprechen sich die meisten Geologen über dieselbe dahin aus, daß sie mehr zu der Jura-, als zu der Kreideformation zu rechnen, und eine locale Bildung sei. Durch Hoffmann hat man sie zuerst 1830 im nordwestlichen Deutschland kennen gelernt, wo sie ziemlich weit verbreitet, wenn auch nur in schmalen Streifen auftritt, später auch bei Krems in Oesterreich und an anderen Orten. Daß sie

während eines langen Zeitraumes ſich bildete, geht ſchon daraus hervor, daß ihre Schichten in England eine Mächtigkeit von 900, in Deutſchland ſelbſt von 1200 Fuß erreichen. In England beſteht dieſelbe aus drei Abtheilungen, einem thonigen bis 275 Fuß mächtigen Kalkſteine, dem ſ. g. Purbeckkalk, zwiſchen deſſen Schichten ſich nicht ſelten Lager von Dammerde mit Wurzelſtöcken von Bäumen, hauptſächlich von Coniferen und Cycadeen eingeſchloſſen finden. Darauf folgt eine bis 500 Fuß mächtige Ablagerung eines eiſenſchüſſigen, Thonlager enthaltenden Sandes, Hastingsand, und als oberſte Etage eine bis 300 Fuß dicke Thonmaſſe, der ſ. g. Wealdenclay (Wälderthon). Die norddeutſche Wealdenbildung beſteht hauptſächlich aus Thonen und Mergeln, Sand- und Kalkſteinen, und enthält an vielen Orten ziemlich mächtige bauwürdige Kohlenflötze. Auch in ihrer ſonſtigen Ausbildung hat dieſes norddeutſche Vorkommen mit dem engliſchen große Aehnlichkeit. Die untere Abtheilung enthält ebenfalls Kalkſchichten, die zum Theil nach unten unmittelbar in den Jurakalk übergehen, nach oben hin in kalkig thonige Schiefermaſſen ſich verwandeln, und eine Geſammtmächtigkeit von 300 bis 400 Fuß erreichen.

Die mittlere Abtheilung beſteht aus ſandigen Mergelſchiefern, Schieferthonen und Sandſteinen, die theilweiſe mit einander abwechſeln oder einzeln in größeren Maſſen auftreten, zuſammen bis zu 450 Fuß dick werden, und die ſchon erwähnten Kohlen einſchließen, von denen z. B. am Oſterwalde nicht weniger als 18 Flötze über einander vorkommen.

Die obere Abtheilung enthält vorwiegend dunkelfarbige Schieferthone, welche durch Aufnahme von Sand hie und da in Thonſandſteine übergehen, und iſt an verſchiedenen Stellen ſehr ungleich entwickelt, ſo daß ihre Mächtigkeit von wenigen bis zu 300 Fuß wechſelt. Die untere wie die obere Abtheilung enthalten vorzugsweiſe Süßwaſſermuſcheln, während die mittlere Reſte von Landpflanzen, hauptſächlich von Cycadeen und Farren, einſchließt.

In England ſowohl wie in Deutſchland iſt dieſe Schichtenreihe auch nach oben hin nicht überall ſcharf abgegrenzt, ſondern zeigt einen allmählichen Uebergang in

7) die Kreideformation, oder Quaderſandſtein (Terrain crétacé, Chalk-formation). Je weiter wir von den älteren For-

mationen aufwärts schreiten, desto mehr zeigen sich locale Verschiedenheiten in der Ausbildung ein und derselben Formation an verschiedenen Orten ihres Auftretens. Schon bei dem Jura hat sich dieses sehr bemerklich gemacht, noch mehr ist dieses der Fall bei dieser letzten der secundären Gruppe, die in ihrer mineralogischen Zusammensetzung, in ihren Einschlüssen und in ihren Unterabtheilungen außerordentlich viele Modificationen erkennen läßt, so daß jede der Gegenden, in welchen sich dieselbe in größerer Ausdehnung findet, ihre individuellen Eigenthümlichkeiten zeigt. Ihren Namen hat sie von den mächtigen Kreidemassen England's, welche dort ein charakteristisches Gestein dieser Formation sind, da sie ebenfalls in jenem Lande zuerst genau studirt und in ihren Verhältnissen zu anderen Formationen festgesetzt wurde. Schon im mittleren Deutschland findet sich aber diese Formation in ganz anderer Weise und zwar hauptsächlich durch mächtige Sandsteinbildungen vertreten und noch weiter gegen Süden, um das mittelländische Meer herum, finden sich neben den Sandsteinen feste, compacte Kalksteine als Repräsentanten der weichen, lockeren Kreide der mehr nördlichen Länder und Meeresküsten. Es sind also Kalk- und Sandsteine die vorwiegendsten Bestandtheile dieser Formation, die jedoch in einer großen Reihe von Varietäten ausgebildet sind. In den Sandsteinen tritt ein sehr charakteristischer Bestandtheil auf, der s. g. Glaukonit. Dieser findet sich in kleinen, rundlichen, undurchsichtigen Körnchen von dunkelgrüner Farbe oft in sehr großer Menge in den Sandsteinen oder auch in lockerem Sande, dem s. g. Grünsande, und ist ein constanter, in anderen Formationen sehr selten und nie in größerer Menge auftretender Gemengtheil der sandigen und thonigen Gesteine der Kreideformation, namentlich der unteren Abtheilung derselben, welche daher auch häufig als Grünsandformation aufgeführt wird. Ein anderer, ebenso charakteristischer Bestandtheil sind die Feuersteinknollen, welche innerhalb der weißen Schreibkreide lagerweise sich zeigen. Außer diesen kalkigen und kieseligen Bildungen kommen ebenfalls Thone, Mergel und, wiewohl äußerst selten, auch Dolomit und Gyps vor. Auch Steinkohlen, hie und da in bauwürdigen Flötzen, wie bei Wenig-Rackwitz in Schlesien und bei Grünbach, unweit Wiener-Neustadt, sind in den Sandsteinen eingeschlossen.

Wenn es auch nicht möglich ist, eine für alle Gegenden pas-

sende Beschreibung der Ausbildung dieser Formation zu geben, so hat doch die genauere Untersuchung ergeben, daß sie sich überall sehr wohl in vier große Abtheilungen bringen läßt, deren Unterabtheilungen in verschiedenen Gegenden allerdings kaum eine Vergleichung unter einander zulassen, und große Ungleichheiten zeigen. Diese vier Abtheilungen benennen wir nach Naumann mit folgenden Namen, welche, für locale Ausbildungen einzelner derselben in verschiedenen Ländern gebraucht, sich wohl zu allgemeiner Bezeichnung eignen.

Die unterste umfaßt die s. g. Neocombildung, die zweite die Galtbildung, die dritte die Turonbildung, die vierte die Senonbildung, Namen, deren Ursprung in Anm. 8 erörtert ist. Diese vier Abtheilungen, deren zwei erste als untere, die anderen beiden als obere Kreide zusammengefaßt werden können, sind ausschließlich nach den Versteinerungen, welche sie enthalten, gegen einander abzugrenzen und zu erkennen, doch lassen sie auch nach der mineralogischen Zusammensetzung, die freilich an jedem Orte fast eine andere ist, eine Trennung zu. Wir wollen nur ganz kurz einige Beispiele dieser Formation besprechen.

In England ist die Kreideformation mit allen Gliedern sehr mächtig entwickelt, besonders im Süden und Osten des Landes, und wie schon erwähnt wurde, ist sie hier zuerst genauer untersucht worden.

1) Die unterste Abtheilung, die Neocombildung, ist namentlich an der Küste von Kent sehr schön der Untersuchung zugänglich und läßt von unten nach oben folgende Glieder erkennen:

a) sandigen grünen Thon, 46 Fuß mächtig;
b) Sand mit eingelagerten Kalkbänken, 121 Fuß;
c) glaukonitreichen, bisweilen kieseligen Sand, 148 Fuß;
d) weißen oder gelben glaukonitischen Sand und Sandstein, 65 Fuß.

Noch mächtiger zeigt sie sich auf der Insel Wight, wo sie über 700 Fuß dick ist.

2) Die Galt- oder Gaultbildung. Dieser Name stammt aus Cambridgeshire, wo eine gegen 140 Fuß mächtige Thonbildung, unter dem oberen Grünsand gelagert, ihn führt. Bei Folkestone ist er ebenfalls an der Meeresküste sehr schön blosgelegt, reich an Versteinerungen und erscheint als ein bläulichgrauer, sehr fetter Thon. Schon in England selbst zeigt sich diese Bildung

ſehr wechſelnd, auf der Inſel Wight iſt ſie kaum noch 60 Fuß mächtig und weiter im Norden erſcheint ein röthlicher, oft nur 2—6 Fuß mächtiger Kreidemergel, der jedoch ſehr weit verbreitet iſt, als Repräſentant dieſer Abtheilung.

3) Die Turonbildung zeigt ſich zunächſt als eine Grünſandbildung, Upper greensand, aus glaukonitiſchem Sande, Sandſtein und Mergel beſtehend, der auf der Inſel Wight gegen 100 Fuß mächtig wird, während er bei Folkeſtone nur 30 Fuß tief iſt. Darauf folgt ein Kreidemergel, chalk-marl, welcher auch als graue Kreide, und Kreide ohne Feuerſteine aufgeführt wird, indem dieſe der weißen Kreide ſo häufigen Einſchlüſſe hier fehlen, Gebilde, welche zuſammen eine Mächtigkeit von 440 Fuß erreichen. An vielen Orten, wie z. B. auf der Inſel Wight, wo ſie ſelbſt eine Mächtigkeit von 600 Fuß erreicht, geht dieſe Abtheilung ganz allmählich in

4) die Senonbildung über, welche vorwaltend aus weißer, ſchreibender Kreide beſteht und Feuerſteinknollen, Flint, einſchließt. An den Südküſten von England ſind auch die Lagerungsverhältniſſe dieſer Abtheilung deutlich aufgeſchloſſen, welche bei Dover 350 Fuß mächtig iſt.

Es iſt ſehr wahrſcheinlich, daß die Kreideformation des nördlichen Frankreichs und Belgiens eine zuſammenhängende Maſſe mit der engliſchen gebildet habe und erſt ſpäter durch den Kanal von einander getrennt wurde. Daher hat in dieſen Gegenden des Continentes die Kreideformation eine große Aehnlichkeit in ihrer Ausbildung mit der eben geſchilderten engliſchen. Auch auf den Inſeln der Oſtſee, auf Seeland, Moen, Rügen, und an einigen Punkten der Oſtſeeküſte erſcheint namentlich die obere Abtheilung dieſer Formation als weiße, ſchreibende Kreide wie in England.

Ganz anders zeigt ſie ſich jedoch im mittleren und ſüdlichen Frankreich, in den Alpen, in Mittel- und Nordweſtdeutſchland und um die Küſten des mittelländiſchen Meeres entwickelt. In Deutſchland iſt nur im Nordweſten, am Teutoburger Wald, in Weſtphalen und am Harze, die Kreideformation in ihren vier Abtheilungen entwickelt; alle beſtehen großentheils aus Sandſteinen und Sand, wozu Thone und Mergel ſich geſellen; Kalkmaſſen ſind im Ganzen ſelten, die eigentliche Kreide fehlt ganz. Gewiſſe unreine Kalke, welche theils in Mergel und kalkige Thone, theils

in Sandſteine übergehen, werden in Deutſchland häufig als ſ. g. Pläner aufgeführt; man unterſcheidet je nach der Beimengung Plänermergel, Plänerkalkſtein und hat dieſes Wort auch für eine gewiſſe Etage der Kreideformation in Deutſchland, nämlich für ein Glied der Turonbildung und zwar das dem Kreidemergel der engliſchen Kreide entſprechende gebraucht. Sehr bedeutend iſt auch die Kreideformation in Sachſen, Böhmen und Schleſien entwickelt, wo ſie eine ſehr abweichende Zuſammenſetzung erkennen läßt. Hier iſt es hauptſächlich eine mächtige Ablagerung von Sandſteinen, welche von der regelmäßigen Abſonderung in Bänke und würfelige Blöcke den Namen der Quaderſandſteinformation für dieſe Art des Auftretens der Kreideformation veranlaßt hat, und in der ſ. g. ſächſiſchen Schweiz jene maleriſchen Felſenpartieen bildet, welche dieſe Gegenden ſo bekannt und ſo beſucht machen. Nach ihrer mineralogiſchen Zuſammenſetzung läßt die Quaderſandſteinformation drei deutlich von einander geſonderte Glieder erkennen, nämlich 1) einen unteren Quaderſandſtein, dem, nach Naumann, 2) Pläner aufgelagert iſt und zwar zunächſt Plänermergel, dem Plänerkalkſtein folgt und 3) oberer Quader. Dieſe drei Glieder entſprechen nun nur der oberen Abtheilung der Kreide und zwar der turoniſchen Bildung, doch hat Geinitz neuerdings den oberen Quader und einen Theil des oberen Pläners für ſenoniſch, alſo analog der weißen ſchreibenden Kreide in England, erklärt.

Eigenthümlich entwickelt zeigt ſich die Kreideformation in den Alpen. In den Schweizer Alpen zerfällt die unterſte Abtheilung, die Neocombildung, in zwei mächtige Etagen, den ſ. g. Spatangenkalk, aus dunklen, mit Thon und Quarz gemengten Kalken beſtehend, die am Faulhorn gegen 1600 Fuß mächtig iſt. Ihm folgt ein hellerer, namentlich in den mittleren und äußeren Bergketten faſt nie fehlender, jedoch viel weniger, nur circa 400 Fuß mächtiger dichter Kalkſtein, der, ebenſo wie der vorige, von ſeinen Verſteinerungen den Namen Rudiſtenkalk oder Hippuritenkalk führt. Der Galt beſteht bald aus grünen oder ſchwarzen glaukoniſchen Sandſteinen und Kalkſteinen, die jedoch kaum irgendwo mehr als 150 Fuß mächtig werden. Als dritte Abtheilung folgt der ſ. g. Sewerkalk, von einem Orte in Schwyz, wo er ſehr mächtig auftritt, ſo genannt, der als das Analogon der beiden oberen Abthei-

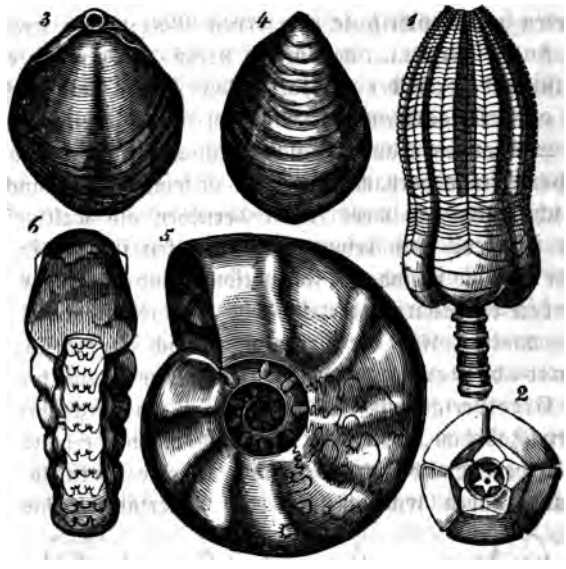
lungen der Kreide angeſehen werden muß, indem man denſelben nicht wohl in zwei Etagen zerſpalten kann. Schon in der Schweiz zeigen ſich dieſe Bildungen außerordentlich unregelmäßig auftretend; indem ſie bald verſchwinden, bald in demſelben Gebirgszuge wieder von Neuem auftreten, wieder zurücktreten und ſehr ungleiche Bildungsverhältniſſe in jenen Gegenden erkennen laſſen. Auch in den öſtlichen Alpen und in den Karpathen ſind Kreidebildungen erkannt worden, in erſteren ebenfalls drei Etagen, ähnlich denen der Schweizer Alpen, doch von abweichender mineralogiſcher Zuſammenſetzung; die ſ. g. Goſaubildung gehört hierher und zwar zu der oberen Abtheilung der Kreide; ein Theil des Wiener Sandſteines, der Karpathenſandſtein, ſind ebenfalls Glieder der Kreideformation.

In großer Ausdehnung iſt dieſelbe auch in Nordamerika und in Südamerika, namentlich in Braſilien, nachgewieſen worden. Sie iſt die letzte der ſecundären Formationen, die letzte, welche noch eine weite Verbreitung auf der Erdoberfläche erlangt hat, die folgenden Bildungen ſind alle auf kleinere Räume beſchränkt. Ebenſo ſcharf iſt auch der Abſchnitt, der mit ihr in Beziehung auf die Ausbildung der organiſchen Weſen auf der Erde gemacht wird; auch in dieſer Beziehung treten ganz neue Verhältniſſe nach der Ablagerung der Kreideformation ein. Ehe wir zu den folgenden, den tertiären Gebilden übergehen, wollen wir eine kurze Ueberſicht über die organiſchen Reſte der ſecundären Formationen mittheilen.

1) Organiſation während der Periode der Trias. In dem bunten Sandſteine und dem Keuper ſind Pflanzenreſte häufiger, als Thiere, doch finden ſie ſich in viel geringerer Menge, als in der Steinkohlenformation. Die Zellpflanzen und akotyledonen Gefäßpflanzen treten etwas zurück; es finden ſich zwar noch häufig Kalamiten, daneben treten jedoch die Gymnoſpermen, Cycadeen und Coniferen in größerer Anzahl auf. Sehr charakteriſtiſche Formen ſind beſonders der Calamites arenaceus und zwei Nadelhölzergattungen, Voltzia und Albertia.

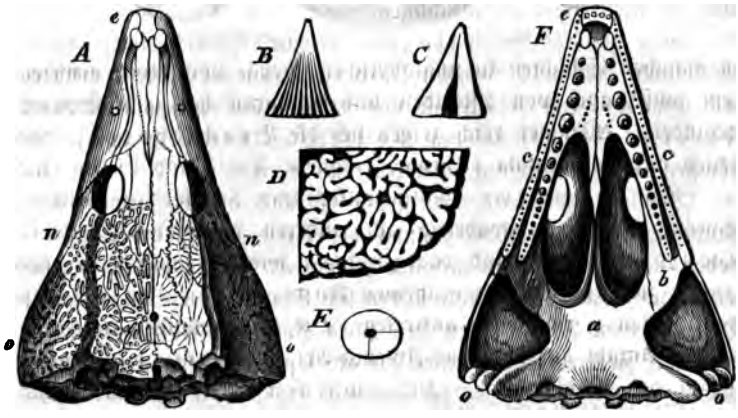
Viel reicher, als die Flora der Trias, iſt die Fauna derſelben namentlich in den Gliedern des Muſchelkalkes entwickelt; ſie iſt zwar arm an Arten, aber jede iſt in oft unglaublicher Menge von Individuen vorhanden, ſo daß oft ganze Maſſen von Kalk nur aus den kalkigen Theilen weniger Species gebildet werden. Man kennt nämlich gegenwärtig nicht viel über 200 Thierſpecies aus

der ganzen Trias; keine derſelben kommt in einer früheren oder ſpäteren Formation wieder vor. Sehen wir auf die einzelnen Ordnungen und Klaſſen des Thierreiches, ſo fällt uns zunächſt auf, daß die Polypen, namentlich die Korallen, welche in anderen Formationen eine ſo wichtige Rolle ſpielen, vollkommen fehlen. Aus der Klaſſe der Radiaten treten dagegen ſehr charakteriſtiſche und ſchöne Formen auf, ſo aus der Ordnung der Crinoiden der Encrinus liliiformis 1, und 2 von unten, von der Baſis aus, der




in manchen Schichten in unglaublicher Menge vorhanden geweſen ſein muß; auch von Aſteriden und Echiniden hat man Spuren gefunden. Weniger reich zeigen ſich die Brachiopoden, von denen nur Terebratula (Terebr. vulgaris, Fig. 3 und 4) als eine ſehr häufige Form des Muſchelkalkes und Spirifer in wenigen Species auftreten, während alle anderen paläozoiſchen fehlen. Die Conchiferen ſind dagegen ſchon wieder zahlreicher repräſentirt, zum erſten Male erſcheinen Auſternarten, die von nun an in allen Formationen auftreten. Die Kammmuſcheln treten in großer Anzahl auf und eine Avicula-Art, A. socialis, bildet ganze Bänke des Muſchelkalkes. Die Schnecken bieten ebenfalls nichts

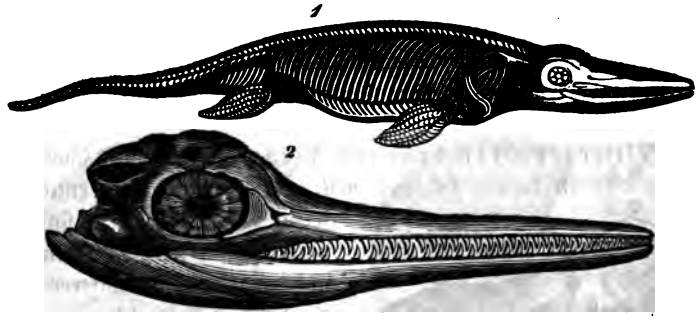
Bemerkenswerthes dar, dagegen tritt unter den Cephalopoden neben Nautilus ein neues Genus auf, das der Ceratiten, welche ein Mittelglied zwiſchen den Clymenien und den Ammoniten bilden. Sie zeigen nämlich bereits in den Loben der Kammerſcheidewände zackige, zahnartige Einſchnitte, was jene nie, dieſe im höchſten Grade an allen Theilen erkennen laſſen. Der hier (5 u. 6) abgebildete Ceratites nodosus (wohl auch Ammonites nodosus genannt) iſt eine ſehr charakteriſtiſche und nur dem Muſchelkalk eigene Form. Von den Cruſtaceen ſind die Trilobiten ganz verſchwunden, dagegen treten im Muſchelkalke zum erſten Male wahre Krebſe auf; Pemphix Sueurii, ein langſchwänziger Krebs, iſt ebenfalls eine ſehr charakteriſtiſche Form der Trias. Von Fiſchen ſind nicht viele bekannt, auch ſie gehören den Ganoiden und Placoiden mit heterocerker Schwanzfloſſe an, und namentlich Haie ſcheinen in außerordentlicher Menge vorhanden geweſen zu ſein, indem manche Kalke des Muſchelkalkes faſt mehr Zähne derſelben als Kalkſubſtanz zu enthalten ſcheinen. Von beſonderer Wichtigkeit für die Trias, wie überhaupt für die ſecundären Formationen ſind aus der Klaſſe der Amphibien die Saurier, die eine ſehr großartige Entwicklung hier gefunden haben. Für die Trias namentlich iſt die Familie der Labyrinthodonten ſehr charakteriſtiſch, indem ſie mit dem Keuper von der Erde verſchwindet. Sie zeichnen ſich durch ihren eigenthümlichen Zahnbau, von dem ſie ihren Namen erhalten haben, aus, von dem die beifolgende Figur D eine Vorſtellung geben kann, und haben wahrſcheinlich die Thierfährten hinterlaſſen,



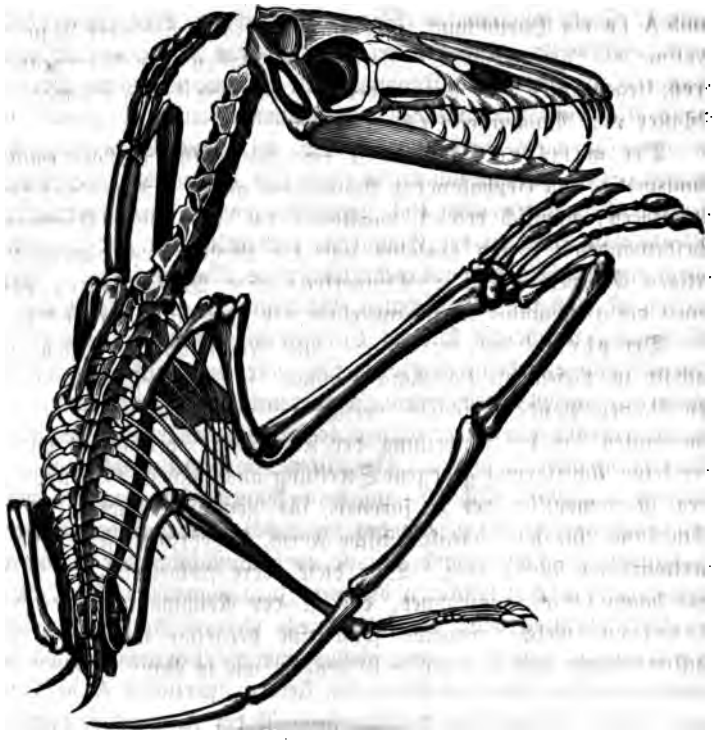
landi A (a ein Durchſchnitt einer Windung in vorſtehender Figur), eröffnet die Liasformation. „Ungeheuere Maſſen, wie Wagenräder groß, liegen unten dicht aneinander gedrängt und bilden ein wahres Pflaſter von Ammoniten" (L. v. Buch).

Der mittlere Lias enthält eine große Menge Terebratula numismalis, von Cephalopoden Ammoniten aus der Abtheilung der Amaltheen, nämlich den A. amaltheus (B, mit ſeinen Kammerſcheidewänden C) und costatus und die Reſte eines dintenfiſchartigen Thieres, die ſ. g. Donnerkeile oder Teufelsfinger, von denen der Belemnites paxillosus einer der gewöhnlichſten iſt [11]).

Der obere Lias, vorwaltend aus Mergelſchiefern beſtehend, enthält in dieſen die Posidonia Bronnii, welche dieſen Schiefern den Namen Poſidonienſchiefer verſchafft haben, Belemniten, und Ammoniten aus der Abtheilung der Falciferen, welche ſich durch ihre feine, ſichelförmig gebogene Streifung auszeichnen, in Würtemberg iſt namentlich der A. jurensis für gewiſſe Schichten dieſer Abtheilung eine ſehr charakteriſtiſche Form, Terebrateln fehlen hier merkwürdiger Weiſe ganz. Was dieſe obere Abtheilung des Lias aber hauptſächlich auszeichnet, das iſt der Reichthum an rieſigen Sauriern, welche nirgends ſonſt eine derartige mächtige Entwicklung zeigen und in manchen Gegenden, wie in Banz, Boll u. ſ. f.

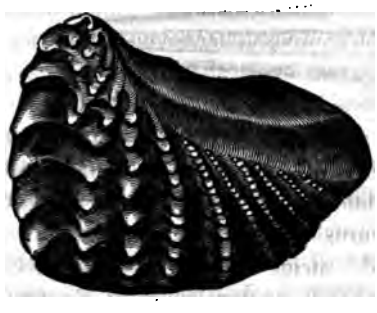



zu Hunderten begraben angetroffen werden. Sie lieferten 20 bis 30 Fuß lange Raubthiere der See, die in den ſonderbarſten Formen bald mit kurzem Halſe (Ichthyosaurus, Fig. 1. 2), bald mit langem ſchwanenartigen (Plesiosaurus) durch die Gewäſſer ſchwammen. Manche konnten aber auch, gleich der fliegenden Eidechſe, durch große Flughäute in die Luft ſich erheben, wie der ſeltſame



Pterodactylus, deſſen hier dargeſtellte Art, Pt. crassirostris, in der oberen Abtheilung des weißen Jura, in den Solenhofer Schiefern, angetroffen wird.

Mittlerer oder brauner Jura. Wir haben ſchon erwähnt, daß in dieſem Pflanzen ſtellenweiſe ſehr mächtig entwickelt ſeien. Von Thieren ſind es hauptſächlich wieder Mollusken, und zwar die Conchiferen und Cephalopoden, welche die wichtigſten Leitmuſcheln geliefert haben. In der unteren Abtheilung, welche hauptſächlich aus Thonen beſteht, iſt es eine ſchöne Muſchel, die Trigonia navis, welche mit dem A. opalinus die



ein Gebilde, gleichalterig wie die Solenhofer Schiefer, bei Kelheim kommen ſie jedoch beide zugleich vor*) und zwar liegt dort der Diceraskalk unter den Schiefern, iſt alſo etwas älter als dieſe. Wie die Trias, ſo iſt auch die Juraformation in den Alpen eigenthümlich entwickelt und zwar ebenfalls in ihren drei verſchiedenen Abtheilungen. Neben den in den niedrigeren Gegenden England's, Schwaben's und Franken's vorkommenden charakteriſtiſchen Formen des Jura in anderen Gegenden erſcheinen jedoch auch hier ſo viel den Alpen ausſchließlich angehörige, daß es, beſonders auch wegen der merkwürdigen Schichtenſtörungen in jenem Gebiete, ſchwer iſt, ſchon jetzt die juraſſiſchen Gebilde der Alpen mit denen niedriger Gegenden zu vergleichen und noch ſehr bedeutende Differenzen über die Parallelliſirung derſelben obwalten [12]).

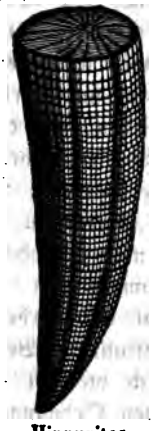
Die Wealdenformation. Dieſelbe giebt ſich, wie ſchon erwähnt wurde, durch ihre Einſchlüſſe als eine locale Ufer- und Süßwaſſer-Bildung zu erkennen. Man findet daher ſehr viele Landpflanzen, die noch ein tropiſches Klima in England und Norddeutſchland erkennen laſſen und theilweiſe noch dieſelben, wie die des braunen Jura ſind, und außerdem ſehr viele Süßwaſſermuſcheln aus noch jetzt lebenden Gattungen, wie Unio, eine Gattung, zu der die gewöhnliche Malermuſchel gehört, Paludina, Cyrena u. a. Auch Saurier, Schildkröten und Haifiſchzähne hat man gefunden, und die erſten Knochen von Vögeln und zwar von Sumpfvögeln [13]).

Die Kreideformation. Im Vergleiche mit den vorhergehenden beiden Formationen finden wir keine auffallende Veränderung der Organiſation im Allgemeinen. Auch hier iſt es wieder die Klaſſe der Mollusken, welche aus den Ordnungen

*) Zeitſchrift der deutſchen geologiſchen Geſellſchaft I. 425.

der Cephalopoden, Gasteropoden und Conchiferen eine große Anzahl von neuen Arten liefert; von den Echinodermen zeigen sich besonders die Echiniden oder Seeigel sehr mächtig entwickelt, und aus den untersten Klassen tritt in sehr reicher Entfaltung eine Ordnung auf, welche nach den Korallen auch in Beziehung auf die Menge des durch sie gebildeten Materiales die nächste Stelle einnehmen, die s. g. Foraminiferen oder Rhizopoden, deren kleine, oft nur mikroscopisch wahrnehmbare zierliche Gehäuse größtentheils die gemeine weiße Kreide bilden. Ueber die Stellung dieser Wesen im Thierreiche war man früher lange im Unklaren, indem ihre Schalen der Form nach mit denen von Schnecken und Nautilen oder Ammoniten große Aehnlichkeit besitzen. d'Orbigny hat jedoch gezeigt, daß sie viel niedriger organisirt sind, als diese, daß sie am füglichsten als besondere Abtheilung zu den Korallen gestellt werden, indem, wie bei diesen, eine ganze Kolonie von Thierchen zu dem Bau eines solchen Gehäuses beiträgt. Sie kommen schon in der Neocombildung, wenn auch in geringer Menge, vor, hauptsächlich aber in der oberen Kreide, in den Kreidemergeln und in der weißen Schreibekreide selbst.

Nächst dieser neuen Ordnung des Thierreiches tritt in der Kreide noch eine zweite auf, deren Stellung im Systeme ebenfalls längere Zeit hindurch unsicher war; es sind dieses die sogenannten Rudisten, welche ganz allein auf die Kreide beschränkt sind. Man führt sie am besten als eine besondere Abtheilung zwischen den Muscheln und Conchiferen auf. Sie bestehen aus einer dicken, einer Rübe oder einem Kuhhorn gleichenden kalkigen Schale, auf welche eine zweite als Deckel aufgepaßt ist, die durch einen Schließapparat die nur kleine Höhlung, in welcher das Thier wohnte, absperren konnte. Sie waren mit der größeren Schale festgewachsen und finden sich oft zu Tausenden wie ein Pflaster neben einander gereiht, einzelne haben oft eine Größe von 2—3 Fuß. Sie finden sich hauptsächlich in den Kreidegebilden Südeuropa's, doch hat man sie auch im Untersberg bei Salzburg und in Böhmen angetroffen. Nach den zwei stärksten Gattungen, Hippurites und



Hippurites organisans.

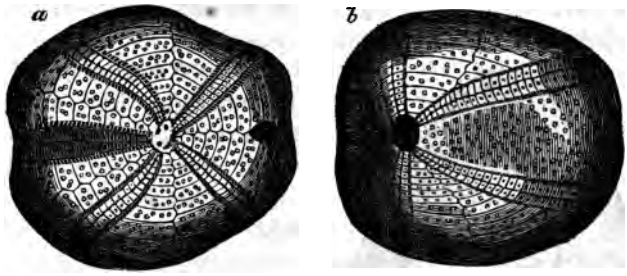
Radiolites, haben gewiſſe Kalkſteine den Namen Hippuriten- und Radiolitenkalk erhalten.

Von den Muſcheln ſind es hauptſächlich die Gattungen Ostrea, Exogyra, Spondylus, Pecten und Inoceramus, welche beſonders charakteriſtiſche Formen geliefert haben. Von den Cephalopoden zeigen die Ammoniten noch eine ungemein mächtige Entwicklung und verſchwinden mit der Kreide aus der Reihe der lebenden Weſen. Zu den ganz aufgerollten Formen geſellen ſich noch mehrere, nur theilweiſe gebogene, welche bald nur an einem Ende gerade, bald an beiden ſich umgebogen zeigen und als Lituiten (Biſchofsſtab), Hamiten, Baculiten u. ſ. f. beſchrieben werden. Auch die Belemniten erſcheinen noch in mannichfachen Formen neben den Ammoniten. Aus der Abtheilung der Wirbelthiere hat man nur Saurier, Fiſche und einige Reſte von Vögeln angetroffen. Von den Fiſchen treten zum erſten Male Cycloiden und Ctenoiden, zu denen in der jetzigen Schöpfung die bei weitem größte Menge der Fiſche gehört, in einzelnen Repräſentanten auf. Die Saurier haben nicht mehr die Mannichfaltigkeit der Entwicklung, wie während der juraſſiſchen Periode, doch finden ſich auch hier einige ſehr charakteriſtiſche Formen. Das Genus Mosasaurus, zu dem das große im Petersberge von Maſtricht gefundene Thier gehört, iſt der Kreide eigenthümlich.

Nach Bronn kannte man 1851 aus den verſchiedenen Schichten der Kreideformation 113 Species von Pflanzen, von denen zum erſten Male Repräſentanten der Dicotyledonen, namentlich Weiden- und Ahornarten, durch Blätterabdrücke nachgewieſen wurden. Von Thieren waren 5138 Species aus 545 Geſchlechtern bekannt; 3101 von jenen gehörten zu der Klaſſe der Mollusken, 990 zu Korallen und 320 zu den Echinodermen.

Nach dieſer allgemeinen Betrachtung der Organiſationsverhältniſſe der Kreide wollen wir noch kurz die am meiſten charakteriſtiſchen Formen der einzelnen Abtheilungen derſelben angeben.

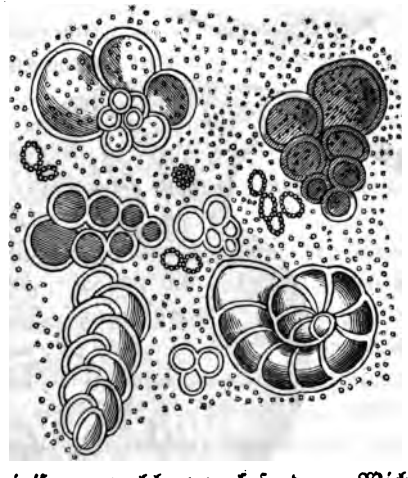
1) Die Neocombildung. Für dieſelbe ſind zunächſt einige Echiniden von großer Wichtigkeit, Holaster complanatus a. u. b. iſt ſehr bezeichnend für die untere Neocombildung. In den oberen Schichten treten in Frankreich und der Schweiz einige Rudiſten auf, wovon Caprotina ammonia eine der wichtigſten und eine wahre Leitmuſchel iſt. Von Muſcheln iſt es beſonders Exogyra Couloni, Pecten



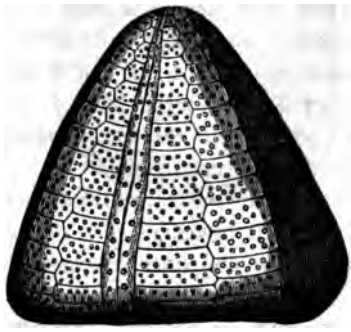

crassitesta und andere, welche eine beſondere Wichtigkeit erreichen. Von den Cephalopoden ſind es hauptſächlich Ammoniten und die merkwürdigen, nur theilweiſe eingerollten Formen, wie Ancyloceras, Baculites und Crioceras, von denen hier einige Umriſſe dargeſtellt ſind.

2) Der Galt. Er iſt arm an Korallen, Foraminiferen, Echinodermen und Brachiopoden. Einige charakteriſtiſche Formen von Conchiferen, wie der hier dargeſtellte Inoceramus concentricus, Nucula ovata, dann wiederum viele Cephalopoden, ſowohl Ammoniten als Hamiten und Belemniten, ſind demſelben eigenthümlich. A. inflatus, mammillatus, Beudanti; Hamites attenuatus, rotundus, Ancyloceras gigas, simplex u. a. ſind die wichtigſten derſelben.

3) Die obere Kreide (Turon- und Senonbildung). Sie iſt im Allgemeinen viel reicher als die untere Abtheilung, doch iſt es ſchwierig, ſie ihren organiſchen Einſchlüſſen nach in Unterabtheilungen zu trennen. Die deutſchen Kreidebildungen, namentlich die ſächſiſche und böhmiſche, gehören hauptſächlich hierher. Korallen und Fungien ſpielen auch hier eine ſehr große Rolle, doch ſind es hauptſächlich hier die Foraminiferen, welche von beſonderer Wich-



tigkeit ſind. Wir theilen hier einige Formen derſelben nach den Unterſuchungen der Kreide durch Ehrenberg mit [14]).



Galerites albogalerus.

Von Echinodermen kommt ebenfalls eine ſehr bedeutende Menge vor, die Gattungen Cidarites, Ananchytes, Spatangus, Galerites haben eine Fülle verſchiedener Species geliefert; neben dieſen Echiniden treten auch wieder feſtgewachſene Crinoiden, wie Pentacrinus, Apiocrinus nicht ſelten auf. Dieſe obere Abtheilung iſt es auch, welche in beſonderer Menge die Rudiſten enthält; die oben abgebildete gehört hierher. Die Brachiopoden ſind durch viele Terebrateln und durch drei neue Geſchlechter, Magas, Thecidea und Crania, repräſentirt. Sehr charakteriſtiſch und faſt in allen Gegenden heimiſch iſt für die unterſten Schichten der oberen Kreide (für die turoniſche Abtheilung) die einmuskelige, auſternähnliche Exogyra columba (2. Fig.), welche meiſt in großer Menge angetroffen wird u. eine ſehr gute Leitmuſchel abgiebt.

Aus der Ordnung der Cephalopoden iſt es eine neue Abtheilung von Ammoniten, die ſ.g. cristati (d'Orbigny) [15]), welche hier auftreten, zu denen A. cristatus und varians gehört (3. Fig.) und A. Rhotomagensis, neben ihnen treten auch hier wieder nur theilweiſe aufgerollte Formen, Hamiten u. a. auf.

Es würde zu weit führen, wollten wir auf die verſchiedene Ausbildung der Kreideformation in verſchiedenen Gegenden eingehen. Trotz aller Ungleichheiten ſind doch gewiſſe Thierformen in allen Territorien angetroffen worden, wo man die Kreideformation erkannte, in Nordamerika wie in England, in den Alpen wie in den Anden finden ſich dieſelben Thiere, wenn ſchon neben dieſen allgemein verbreiteten Species jede Gegend ihr eigenthümlich zukommende und nicht ſo weit verbreitete erkennen läßt.

Vergleichen wir die Organiſation während der Periode der Bildung der ganzen ſecundären Gruppe mit derjenigen der paläozoiſchen Gebilde, ſo bemerken wir, daß ſie uns einen bedeutenden Fortſchritt erkennen läßt. Es herrſchte zwar auch noch in dieſer ganzen Zeit ein warmes Klima, namentlich im Anfange derſelben, und eine gleichmäßigere weitere Verbreitung der Thierformen, als in der gegenwärtigen Zeit, doch machen ſich auch ſchon mehr locale Einflüſſe in ihrer, die allgemeine Gleichheit der Lebensbedingungen abändernden Weiſe ſehr bemerklich, ſo daß wir neben den überall vorhandenen identiſchen Species in jeder Formation ſchon an gewiſſe Localitäten gebundene antreffen, die häufig ſelbſt an Menge die allgemein verbreiteten übertreffen.

In der früheren paläozoiſchen Gruppe waren die Fiſche, und zwar Ganoiden und Placoiden, die höchſten Repräſentanten der thieriſchen Organiſation, und nur wie vorbildliche Vorläufer finden ſich einige Saurier. In der ſecundären Gruppe ſind dieſe in einer Fülle und Mannigfaltigkeit entwickelt, wie ſie nie mehr auf der Erde gefunden wird, und ebenſo treten auch als Vorläufer der kommenden Zeiten einige geringe Spuren von Säugethieren auf. Von den Fiſchen zeigen ſich die beiden höchſten Ordnungen, die Cycloiden und Ctenoiden, neben den Placoiden und Ganoiden entwickelt.

Auch die Pflanzen, wenn ſie gleich ſpärlicher als in den älteren Formationen angetroffen werden, laſſen noch das Vorhandenſein eines wärmeren und feuchteren Klimas neben einer höheren Entwicklung erkennen; indem die höchſte Klaſſe des Pflanzenreiches, die Dicotyledonen, ſchon in einzelnen baumartigen Repräſentanten auftreten. Alle dieſe Verhältniſſe laſſen uns die ſecundären Gebilde als Verbindungsglieder, wahre Mittelglieder zwiſchen den paläozoiſchen und den folgenden, den tertiären Formationen erkennen.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum zwanzigsten Kapitel.

1) zu S. 539. Das Steinsalz findet sich namentlich in der deutschen Trias ausschließlich im unteren Theile der Anhydritgruppe, wo es meist in regelmäßigem Wechsel mit Anhydrit, Gyps und Thon, der ebenfalls mit Salz durchzogen ist (Salzthon), auftritt, so daß zu unterst Anhydrit, dann Gyps, dann Salzthon, dann Steinsalz folgt. In Lothringen findet sich das Steinsalz in der unteren Abtheilung des Keupers, aber unter gleichen Verhältnissen mit Anhydrit, Gyps und Mergel wechselnd. Bei Dieuze hat man ein Bohrloch durch 13 Lagen von Steinsalz, von denen jedes durch jene Massen in derselben Ordnung wie in Würtemberg von dem anderen getrennt war, hindurchgetrieben. Die verschiedenen Steinsalzlager zusammen hatten eine Mächtigkeit von 178 Fuß, die mächtigste Salzschichte hatte 40 Fuß Dicke, die geringste 1½ Fuß.

2) zu S. 540. Alberti giebt folgendes Schema:

| | | |
|---|---|---|
| Keuper. | 9) Bunter Mergel mit Sandstein. | Versteinerungsreicher Sandstein. |
| | | Grobkörniger Sandstein. |
| | | Kieseliger Sandstein. |
| | | „Schilfsandstein" (Stuttgart). |
| | | Mergel. |
| | 8) Bunter Mergel mit Gyps. | Gyps mit Dolomit. |
| | | Bunter Mergel mit Gyps. |
| | | Reptilienbreccie. |
| | | Dolomit. |
| | 7) Lettenkohle. | Gyps. |
| | | Dolomit oder Kalkstein. |
| | | Sandstein (neue Welt). |
| | | Mergelschiefer. |
| | | Lettenkohle. |
| | | Schieferiger Thon und Mergel (Alaunschiefer von Gaildorf). |
| Muschelkalk. | 6) Dolomit. | Dolomit (Nagelfels, Melbstein). |
| | 5) Kalk von Friedrichshall. | Pectinitenkalk. |
| | | Rogenstein. |
| | | Trochiten- oder Enkrinitenkalk. |
| | | Palinurenkalk. |
| | | Trochiten- oder Enkrinitenkalk. |
| | 4) Anhydrit. | Dunkler Thon und Anhydrit mit Dolomiten, Stinkkalken, Steinsalz. |
| | 3) Wellenkalk. | Wellenkalk oder Kalk und Dolomitmergel mit Gyps und Steinsalz. |
| Bunter Sandstein. | 2) Bunter Sandstein. | Dolomit. |
| | | (Rogenstein). |
| | | Bunter Schieferletten mit Salz und Gyps. |
| | | Plattensandstein, Sandsteinschiefer. |
| | | Dickschichtiger Thonsandstein. |
| | 1) Vogesensandstein. | Thonsandstein mit Schieferletten. |
| | | Grobkörniger Sandstein. |
| | | Conglomerat und Kieselsandstein. |

3) zu S. 542. Dies zeigt sich z. B. sehr entschieden in Franken. So ist durch den Bau des Donaumainkanals zwischen Wendelstein und Schwarzenbach ein Durchschnitt durch die oberen Keuperschichten und den darauf liegenden Lias

eröffnet worden, welcher deutlich zeigt, daß von dem Keuper ein ganz allmählicher Uebergang in den Lias Statt findet, indem den Quarzkörnern des Keupersandsteines sich immer mehr Thon und Kalk als Bindemittel beigesellt, welches bald in einen Mergel übergeht, der Belemniten und Ammoniten des mittleren Lias enthält. In ähnlicher Weise zeigt sich weiter nördlich auf den Keuperhügeln bei Erlangen der Lias aufgelagert; auch hier ist er auf wenige Mergel- und Thonschichten beschränkt, welche dieselben Reste wie an dem angeführten Orte enthalten. Ueberhaupt scheint an seinem westlichen Rande der Lias gegen den Keuper zu immer dünner und weniger mächtig zu werden, sich rasch auszukeilen, während er nach Osten zu ziemlich schnell an Dicke zunimmt. Sehr stark entwickelt zeigt sich der Lias, namentlich der obere, an dem nördlichen Ende des fränkischen Jura, bei Banz, welches durch die zahlreichen dort gefundenen Reste von Sauriern berühmt geworden ist.

4) zu S. 543. In manchen Gegenden kommen auch in der Juraformation, und namentlich in der mittleren Abtheilung derselben, Steinkohlen vor; dies ist in England der Fall, in Portugal, in Polen, Rußland, Sibirien, Ostindien und Australien; wahrscheinlich gehören auch die in Virginien bei Richmond entwickelten, Steinkohlen führenden Schichtensysteme zu dieser Abtheilung der Juraformation (cfr. Naumann II. p. 836). Auch Eisenerze sind nicht selten, besonders aus Sphärosiderit und Thoneisenstein bestehend; charakteristisch für viele Gegenden ist es, daß auch die Eisenerze oolithisch werden; so kennt man bei Aalen fünf Flötze dieses Erzes, von denen das mächtigste 7 Fuß Dicke hat, welche die bekannten Eisenwerke von Wasseralfingen mit Material versehen.

5) zu S. 543. Man hat früher wohl den Dolomit als ein besonderes Glied des weißen Jura, als eine besondere Etage desselben, aufgeführt, doch haben nähere Untersuchungen bald erkennen lassen, daß derselbe nur umgewandelter Jurakalk und zwar aus verschiedenen Etagen des oberen Jura ist. Sein Auftreten hat daher auch gar nichts Regelmäßiges; in dem Wisentthale reicht er z. B. auf dem linken Ufer bis an den westlichen Rand des Jura selbst, während auf dem rechten nur Kalk den Westabfall bildet. Selbst auf einem und demselben Ufer erscheint er sehr eigenthümlich unregelmäßig, oft nur in dünnen Massen rasch von oben nach unten in reinen Kalk übergehend, oft findet man allen Kalk bis zu dem braunen Jura herunter in Dolomit umgewandelt. Ja selbst an einem und demselben isolirten Berggipfel, wie z. B. an dem Walpurgisberge drei Stunden von Erlangen, ist hart neben Dolomit reiner Kalk in ein und deselben Niveau gelagert und nahe dabei erscheint bis zu dem mittleren Jura herab wieder nur Dolomit. In demselben Maaße nun, als der Kalk durch Aufnahme von kohlensauerer Magnesia zu Dolomit geworden ist, hat er seine Schichtung verloren und ebenso sind auch die Versteinerungen in der Regel verschwunden, doch findet man die letzteren namentlich an manchen Punkten noch sehr wohl erhalten, und eben diese lassen es auch auf das Bestimmteste erkennen, daß der Dolomit kein besonderes Glied in der oberen Juraformation sei. Näher sind diese Verhältnisse und die Art der Umwandlung besprochen in Poggendorff's Annalen Bd. 82, p. 465 und Bd. 87, p. 600.

6) zu S. 544. In England besteht der Lias hauptsächlich aus Mergeln und Mergelschiefern, welche zwischen sich als mittlere Abtheilung eine Reihe compacter Kalke einschließen. Auch dort folgt unmittelbar auf die bunten Keupermergel eine Knochenbreccie, das s. g. Bonebed. Dieses geht allmählich nach oben in dunkle bituminöse Mergelschiefer über, auf welche die petrefactenreichen Kalke folgen. Die ober dem Lias liegenden Schichtensysteme des Jura in England zerfallen in drei Abtheilungen, die s. g. Bath-, Oxford- und Portlandgruppe.

1) Die Bathgruppe, nach dem Badeorte Bath so genannt, oder der untere Oolith ist außerordentlich mächtig entwickelt und sehr verschieden aus mehrfach wechselnden oolithischen Kalken, Mergeln und Sandsteinen zusammengesetzt. Sie wird eröffnet durch mergelige Sandsteine (marly sandstone), welche nach oben in oolithische eisenhaltige Kalksteine übergehen. Diese selbst wandeln sich allmählich in den s. g. Quaderoolith um. Die sämmtlichen bisher erwähnten

Glieder werden als s. g. unterer Oolith (Inferior Oolite) aufgeführt. Auf diese Kalke folgt ein bis 160 Fuß mächtiges Thon- und Mergellager, die s. g. Walkererde (Fullers-earth), nach der dicke oolithische Kalkmassen, der s. g. Great Oolite, kommen. Zwischen diesen beiden letzteren sind an manchen Localitäten, und besonders bei Stonesfield, eine Reihe dünner plattenförmiger Schiefer eingeschlossen, welche durch ihre organischen Einschlüsse so berühmt geworden sind, indem sich die ersten Säugethierreste in ihnen finden. Schon in England selbst ist der Great Oolite an manchen Gegenden ganz abweichend von der eben geschilderten Normalzusammensetzung, hauptsächlich aus Sandsteinen, ähnlich dem deutschen mittleren Jura, gebildet. Dem Oolith folgen nun von Neuem Thonschichten (Bradfordclay), auf welchen theilweise wieder compacte Kalke (Forest marble) sich auflagern. Das letzte Glied bilden nun grobkörnige Kalke, der s. g. Cornbrash.

2) Die Oxfordgruppe. Sie wird von einem dünnen Lager unregelmäßiger Kalkconcretionen gebildet, die durch ein mergeliges oder auch kalkiges Bindemittel zusammengehalten sind, den s. g. Kellowayrocks. Ihnen folgen mächtige Lager eines blauen Thones, Oxfordclay, der sehr charakteristische Versteinerungen enthält und ein sehr beständiges, zur Orientirung wohl geeignetes Glied der Juraformation bildet. Auf diesen Thonen ruht eine Reihe sandiger Schichten, welche häufig durch ein kalkiges Bindemittel zusammengesetzt sind und als Calcareous grit aufgeführt werden. Nach oben gehen sie allmählich in ein mächtiges Kalklager voll von Korallen über, welches daher auch den Namen Coral-rag erhalten hat. Diesem sind als Schluß dieser Gruppe eisenhaltige Oolithe aufgelagert, welche jedoch ebenso wie die an einigen Orten noch außerdem vorhandenen Lager von Thon und Sand in ihrer Verbreitung sehr unbeständig sind und häufig fehlen, wie überhaupt der Oxfordclay und der Coral-rag an vielen Punkten die einzigen vorhandenen Glieder dieser Gruppe sind.

3) Die Portlandgruppe. Sie ist sehr einfach zusammengesetzt und verhältnißmäßig von geringer Entwicklung; zunächst auf den letzten Gliedern der Oxfordgruppe ruht ein gegen 600 Fuß mächtiges Mergel- und Thonlager, die s. g. Kimmeridge-Mergel, und als oberstes Glied folgt eine Reihe fester compacter Kalke, die nach dem Orte, wo sie besonders durch Steinbrüche entblößt sind, Portlandstone genannt werden und das hauptsächlichste Material zu den großartigen Bauwerken London's, wie zu der Paulskirche und vielen Monumenten lieferten.

Auch in England bildet der Jura einen verhältnißmäßig schmalen Saum, der von der Südküste bei Portland aus bogenförmig mit der Convexität nach Osten über Bath und Oxford am Trent hin durch die Ebene von York bis gegen Newcastle sich hinzieht.

Der englische und der deutsche Jura zeigen eine verschiedene Entwicklung, doch sind einzelne Abtheilungen und Etagen überall so vollkommen gleichmäßig ausgebildet, daß man an ihnen bestimmte Anhaltspunkte hat, um Vergleichungen anzustellen. Der Lias zeigt sich zunächst in England wie in Schwaben sehr mächtig entwickelt, und aus allen drei Abtheilungen finden sich identische Species in beiden Ländern. Als Schluß des mittleren Jura haben wir in Deutschland die s. g. Ornatenthone Quenstedt's, die sich gerade so in England als s. g. Oxfordclay finden, so daß also die Bathgruppe und ein Theil der Oxfordgruppe dem mittleren deutschen Jura entsprechen. Die untere und die mittlere Abtheilung des weißen Jura in Deutschland fehlen in England vollkommen; dort ist nur die obere Abtheilung des weißen Jura als der s. g. Coral-rag entwickelt. Größer ist die Verschiedenheit der Ausbildung in dem Schlusse des weißen Jura, die sich nur an sehr wenigen Orten gleich gestaltet hat; Kimmeridgethon und Portlandkalk sind das Analogon der Plattenkalke und lithographischen Schiefer Schwaben's und Franken's, und lassen weiter keine nähere Vergleichung zu.

7) zu S. 545. Die Vermuthung L. v. Buch's, daß der ganze Jura ein Korallenriff sei, ist so oft als eine ausgemachte Sache angenommen worden, daß eine genaue Prüfung dieser Hypothese gar nicht angestellt wurde. Wenn auch

die räthselhafte Form der Ausbildung der Juraformation als ein schmaler wallartiger Saum sich sehr gut aus einer solchen Annahme erklären ließe, so dürfen wir doch nicht außer Acht lassen, daß sie dieselben Formen auch in denjenigen Gliedern erkennen läßt, welche entschieden nicht von Korallen herrühren können und früher als die Korallen führenden vorhanden waren. Dies gilt zunächst für den mittleren oder braunen Jura, dessen mächtige Thon- und Sandsteinmassen dieselbe schmale band- und saumförmige Verbreitung erkennen lassen. Weder die Thone noch die Sandsteine sind aber ein Werk von Korallenthieren. In ähnlicher Weise zeigen auch die beiden unteren Abtheilungen des oberen weißen Jura keine Verhältnisse, die uns jene Kalkmassen als Korallenriffe erkennen ließen. Es sind nämlich die Kalkmassen selbst sehr arm an Resten von Korallen und enthalten im Gegentheil Thiere, welche uns anzeigen, daß keine seichten Meere, wie sie doch die Korallen erfordern, vorhanden waren; eine Menge von Cephalopoden und Brachiopoden, Ammoniten, Belemniten und Terebrateln finden sich in den Kalken eingeschlossen, und diese selbst erscheinen in großer Ausdehnung so vollkommen geschichtet, dicht und gleichmäßig, daß ihre Entstehung aus Riffen auch aus diesem Grunde nicht angenommen werden kann. Stellenweise mögen wohl auch in diesen Abtheilungen Korallenriffe vorhanden gewesen sein, aber als ein Werk der Korallenthiere den ganzen Jura anzusehen, berechtigen sie nicht.

[8]) zu S. 548. 1835 wies Montmollin nach, daß im Kanton Neuenburg eine untere Abtheilung der Kreideformation, aus Kalk und Mergel bestehend, ausgebildet sei, für welche bald nach dem alten Namen der Stadt Neuenburg, Neocomum, der Name terrain néocomien, Neocombildung, angenommen wurde. Spätere Untersuchungen zeigten, daß diese Abtheilung in den Alpen und überhaupt in Südeuropa eine sehr bedeutende Rolle spiele, und ebenso erkannte man, daß sie identisch mit den s. g. Hilsgesteinen der hannöverischen Hilsmulde und dem unteren Grünsande England's sei. Die zweite Abtheilung hat ihren Namen von der englischen Galtbildung; die beiden oberen sind nach d'Orbigny so benannt worden; dieser hatte die Kreide in sieben Etagen getheilt und nach den alten Namen einzelner Localitäten bezeichnet. Je zwei Abtheilungen d'Orbigny's entsprechen einer der drei letzten, wie folgendes Schema zeigt:

| | | | |
|---|---|---|---|
| der Neocombildung | d'Orbigny's | étage | néocomien, |
| dem Galt | " | " | aptien und albien, |
| der Turonbildung | " | " | cénomanien und turonien, |
| der Senonbildung | " | " | sénion und danien. |

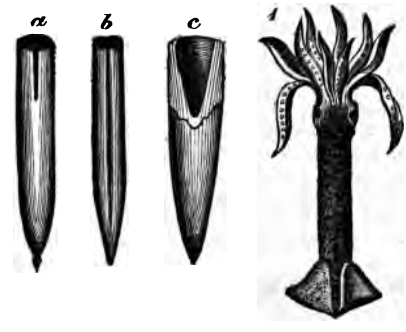
(Cfr. Naumann a. a. O. II. 913 ff.)

[9]) zu S. 554. Schon der bunte Sandstein der Alpen zeigt Thierreste, welche nicht in anderen Gegenden angetroffen werden, dagegen kommen in dem alpinen Muschelkalke die charakteristischen Formen des Encrinus liliiformis, der Terebratula vulgaris und der Avicula socialis neben den eigenthümlichen alpinen Formen vor. Diese letzteren sind besonders in der oberen Abtheilung sehr vorherrschend und haben keine sonst im Muschelkalke gefundenen Thierreste neben sich. Besonders berühmt sind die Schichten von St. Cassian in den Südalpen; nördlich erscheinen sie bei Aussee, Hallstadt, Hallein, Berchtesgaden, überall in der Nähe der alpinen Salzstöcke. In diesem nördlichen Vorkommen finden sich besonders mächtig die Cephalopoden, Ammoniten und Orthoceratiten entwickelt, während in den südlichen Alpen diese zurücktreten, und dafür ein großer Reichthum von Schnecken, Muscheln, Brachiopoden, Echiniden und Crinoiden angetroffen wird. Merkwürdig ist es, daß auch im schlesischen Muschelkalke, der sonst dieselben Reste enthält wie der Schwaben's und Franken's, manche Formen von Cidariten, Terebrateln, Spiriferen u. a. vorkommen, welche dem alpinen eigenthümlich sind, so daß der schlesische Muschelkalk gewissermaßen ein Mittelglied zwischen diesem der Alpen und jenem Mitteldeutschland's bildet.

[10]) zu S. 555. Die Ammoniten lassen einen ebenso großen Reichthum an Species erkennen, wie die Terebrateln. Auch sie hat L. v. Buch (Ueber Ammoniten und ihre Sonderung in Familien ꝛc. Abhandlung der Berliner Academie

1830) in einzelne von einander wohl zu unterscheidende Abtheilungen gebracht, welche sowohl nach der äußeren Form des Umrisses, des Durchschnittes, der Rippen u. s. f., als auch nach der Art, wie ihre Kammerscheidewände verlaufen — die alle in sehr hohem Grade gezackt sind, wie die Figur, die Scheidewände von A. amaltheus darstellend, p. 555 C. erkennen läßt — wohl von einander abgegränzt sind und auch eine gewisse geologische Bedeutung erhalten, indem einzelne ganze Abtheilungen derselben auf bestimmte Etagen und Formationen beschränkt sind. Die Arieten sind für den unteren Lias charakteristisch. Sie sind mäßig involut, d. h. die nächste Windung hüllt nicht viel von der vorhergehenden ein, nehmen langsam an Dicke zu, haben einen glatten, nicht gerippten Kiel auf dem Rücken, einfache, nicht über den Rücken fortlaufende Rippen. Die Falciferen haben einen glatten Kiel, sind ziemlich flach, bald mehr, bald weniger involut; ihren Namen haben sie davon, daß bei allen die feinen, streifenartigen Rippen zuerst nach vorne laufen, dann plötzlich sich zurückbiegen und sichelförmig wieder nach vorne laufen. Sie gehören vorzugsweise dem mittleren und oberen Lias an. A. radians, serpentinus, Walcotti, opalinus, hecticus sind sehr häufige Formen dieser Abtheilung. Die Amaltheen sind ähnlich den Falciferen, zeichnen sich aber durch einen gekerbten Kiel aus, und werden vorzugsweise in dem oberen Lias, für den der A. amaltheus eine Leitmuschel ist, gefunden. A. costatus, Lamberti gehören hierher. Die Planulaten haben nie einen Kiel auf dem Rücken, sind nie stark involut, flach, die Schale wächst langsam an Dicke und Höhe, die Rippen spalten sich stets und gehen ununterbrochen über den gerundeten Rücken hin. Sie sind besonders im weißen Jura mächtig entwickelt. A. polyplocus, polygyratus und biplex sind die häufigsten Formen. Die Dentati und Ornati zeichnet aus ein schmaler Rücken und flache Seiten, die fast rechtwinkelig in den nie gekielten Rücken übergehen, die Rippen schwellen oft zu Höckern und Spitzen an. Die Ornaten sind für den oberen braunen Jura charakteristisch, die Dentati gehen bis in die Kreide und sind namentlich im Galt stark entwickelt. A. ornatus, Jason und Parkinsoni gehören zu dieser Abtheilung. Die Macrocephali zeichnen sich durch ein außerordentlich schnelles Anwachsen nach der Breite aus, so daß ihre Scheibe eine trichterförmige Gestalt hat; die Rippen theilen sich nicht weit von der Stelle, wo zwei Windungen zusammenstoßen und haben keine Spitzen. Sie kommen vom mittleren Jura an bis in die Kreide vor, und namentlich der A. macrocephalus ist eine sehr gute, weit verbreitete Leitmuschel für die Schichten, zunächst unter den Ornatenthonen.

[11]) zu S. 556. Die Belemniten (von dem griechischen **belemnon**, Geschoß) waren lange als räthselhafte Gebilde bekannt. Gegenwärtig ist es sicher ausgemacht, daß sie ähnlich dem inneren knochenartigen Gebilde der Dintenfische, das als Os sepiae in den Handel kommt, ein inneres Skelett ehemaliger sepienartiger Cephalopoden bildeten, was namentlich auch durch die Auffindung mit eingetrockneter Sepia angefüllter Dintenbeutel dieser Thiere im englischen Jura und durch die hie und da erhaltenen Abdrücke des Thieres, namentlich ihrer mit Haken versehenen Fangarme bestätigt worden ist. In manchen Schichten des oberen Lias besonders finden sie sich in ganz erstaunlicher Menge. Je nach ihrer Größe, dem Verhältniß der Dicke zur Länge, den Vertiefungen und Rinnen, die sie auf ihrer Oberfläche erkennen lassen, hat man sie in verschiedene Species zu vertheilen gesucht. Quenstedt hat sie in drei Abtheilungen gebracht: 1) in die unteren oder



paxillosi, welche nie eine Furche auf der Bauchseite und am dickeren Ende erkennen lassen, bis in die Mitte des braunen Jura gefunden werden und von dem gemeinsten Belemniten des Lias, dem B. paxillosus, Fig. c, ihre Benennung erhalten haben. 2) Die mittleren oder canaliculati. Sie haben einen Kanal oder eine Rinne auf der Bauchseite, welche sich gegen die Spitze zu verliert und gehen bis zur mittleren Kreide. Der B. canaliculatus, Fig. b, ist der gewöhnlichste. 3) Die oberen oder mucronati. Sie haben einen Schlitz an der Bauchseite und an der Spitze einen markirten Stachel und kommen nur in der oberen Kreide vor. Der B. mucronatus, Fig. a, hat für diese Abtheilung seinen Namen hergeliehen. Er ist der letzte Belemnit und kommt von der Wolga durch ganz Europa und in Amerika vor. Tertiär und unter den jetzigen Thieren finden sich keine Belemniten mehr, die nur auf den Jura und die Kreide beschränkt sind. Am meisten Aehnlichkeit mit denselben hat wohl ein lebender Dintenfisch, Ommastrephes, gehabt, dessen Abbildung die 1. Figur oben giebt, der jedoch an seinen Armen keinen Haken, sondern Saugwarzen hatte.

12) zu S. 560. Zum Schlusse mögen hier noch einige Angaben über die Verbreitung des Jura folgen. Außer dem schon erwähnten Vorkommen ist derselbe in Spanien, in Rußland, am Kaukasus und in der Krim, in Sibirien und am Himalayah nachgewiesen worden und in allen diesen Ländern finden sich einzelne charakteristische Formen gerade so wie in Schwaben und England. In Amerika scheint diese Formation ganz zu fehlen, sie ist wenigstens nirgends mit Sicherheit zu bestimmen gewesen, weder in Nordamerika, noch in Südamerika. Ueber die Gliederung des Jura an diesen Orten hat man noch keine sicheren Anhaltspunkte; überhaupt ist eine derartige vielfache Unterabtheilung, wie die des schwäbischen Jura nach Quenstedt, nur für beschränkte Bezirke passend. Schon in der Normandie z. B. liegen in wenige Fuß dicken Kalkbänken bei Bayeux neben einander viele Versteinerungen, die in Schwaben durch mächtige Schichtenreihen getrennt sind, und auch in Franken findet sich ein ähnliches Zusammenvorkommen von Thierresten, welche in Schwaben verschiedenen Etagen angehören. Doch ist auch an diesen Localitäten, im Großen betrachtet, dieselbe Aufeinanderfolge der Generationen wahrzunehmen.

13) zu S. 560. Abdrücke von Fußtritten langbeiniger Vögel finden sich schon in älteren Schichten, in einem Sandsteine des Connecticutthales in Massachusetts, welche einem Vogel angehörten, der 4—6 Fuß lange Schritte machte, einen 15 Zoll langen Fußeindruck hinterließ, und also größer als die Straußen gewesen sein muß. Man hat ihn als Ornitichnites giganteus aufgeführt. Das Alter dieser Sandsteine ist wegen Mangels an Versteinerungen nicht genau bestimmt; man hat ihn als bunten Sandstein bezeichnet. Die Vogelreste der Wealdenformation gehören Reihern und schnepfenartigen Vögeln an.

14) zu S. 564. Ehrenberg's Untersuchungen finden sich in den Abhandlungen der Berliner Academie aus dem Jahre 1838: „Ueber die Bildung der Kreidefelsen und des Kreidemergels durch unsichtbare Organismen." Nach ihm stammen auch die Feuersteine, welche meist in regelmäßigen dünnen Lagen nach bestimmten Zwischenräumen in der schreibenden Kreide auftreten und von ferne an den weißen Wänden wie dunkele Striche sich zeigen, aus Kieselmasse von Infusionsthierchen, deren Formen zerstört sind, so daß nur noch wenige darin erkannt werden können. Die weiße Kreide selbst und die Kreidemergel lassen dagegen bei passender Zubereitung stets eine Unzahl verschiedener Formen erkennen; und auch in den dichten Kalksteinen der südlichen Kreidefelsen um das mittelländische Meer konnte Ehrenberg eine große Menge dieser Thierchen nachweisen. In derselben Abhandlung findet sich auch eine genaue Systematik und Eintheilung dieser geologisch so wichtigen Ordnung des Thierreiches.

15) zu S. 564. Die Cristati sind Ammoniten mit Rippen wie die Falciferi. Der Kiel ist sehr stark und auf den Rippen haben sie meistens Knoten. Ihre Loben sind sehr lang und schmal. Sie sind wichtige Leitmuscheln für die mittlere Kreide.

# Einundzwanzigſtes Kapitel.

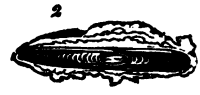
Tertiärgebilde. Nummuliten- und Flyſchformation. Aeltere tertiäre Ablagerungen: das Pariſer und Londoner Becken. Jüngere tertiäre Bildungen: das Mainzer und Wiener Becken. Molaſſe und Nagelfluh. Diluvialgebilde. Knochenhöhlen und erratiſche Erſcheinungen.

Man hat die Tertiärgebilde in verſchiedene Formationen eingetheilt, doch iſt es bisher nicht gelungen, eine allgemein gültige ausfindig zu machen. Bei der Bildung der ſämmtlichen, hierher gehörigen Schichtenſyſteme ſind nämlich die localen Verſchiedenheiten ſo groß, ſie tragen meiſt ſo entſchieden den Charakter örtlicher, wenig verbreiteter Ablagerungen an ſich, daß es nicht möglich iſt, ein allgemein für alle Gegenden gültiges Schema aufzuſtellen. Doch laſſen ſich, namentlich wenn man auf die in denſelben eingeſchloſſenen, in großer Menge vorhandenen Säugethiere Rückſicht nimmt, darnach zwei Abtheilungen in denſelben machen, die man als *ältere* und *neuere* Tertiärformation unterſcheidet; die erſteren entſprechen der ſ. g. *eocenen*, die letztere der *miocenen* und *pliocenen Formation*, welche früher durch *Deshayes* mit alleiniger Berückſichtigung der Muſcheln aufgeſtellt worden iſt [1]).

Was das Material dieſer Bildungen betrifft, ſo zeigt ſich in dieſer Beziehung keine Verſchiedenheit gegen die früheren Formationen, nur die mehr localen See- und Uferbildungen zeigen eine größere Weichheit und Lockerheit der Maſſen. Doch kommen auch Kalkſteine, Sandſteine, Schiefer u. a. vor, welche äußerlich durchaus nicht von älteren derartigen Geſteinen unterſchieden werden können.

Wir können nur einige wenige von den vielen Gegenden, in welchen ſich dieſe Formationen ausgebildet haben, als Beiſpiele derſelben und dieſe nur kurz beſprechen, weil die genaue Schilderung auch nur eines einzigen derſelben einen viel zu großen Raum erfordern würde. Nirgends finden ſich tertiäre Gebilde zuſammen-

hängend in ſolcher Ausdehnung, wie ſie die ſ. g. Nummuliten- und Flyſchformation erkennen läßt. Dieſelbe findet ſich zu beiden Seiten des mittelländiſchen Meeres, von Spanien und Marocco bis in die Krim und Kleinaſien, ſtellenweiſe zu gewaltigen Gebirgsmaſſen ſich erhebend. Sie läßt zwei Abtheilungen erkennen, eine untere, die eigentliche Nummulitenbildung, vorzugsweiſe aus Kalk, der eine Maſſe von Nummuliten (zollgroße Foraminiferenſchalen, Fig. 1 von oben, Fig. 2 im Durchſchnitte) und viele andere Seethiere einſchließt, oder aus Sandſtein mit ähnlichen Reſten beſtehend, und eine obere, die ſ. g. Flyſchbildung. Sie iſt aus




dunkelfarbigen Schiefern, Flyſch genannt, und zum Theil auch aus Sandſtein, Mergeln und unreinen Kalkſteinen zuſammengeſetzt und enthält faſt nie andere organiſche Reſte, als Seegewächſe, namentlich Fucoiden, woher viele Sandſteine dieſer Abtheilung den Namen Fucoidenſandſteine erhalten haben. Die durch ihre Fiſchreſte berühmten Schiefer von Glarus ſollen jedoch ebenfalls hierher gehören.

Früher hatte man dieſe Formation noch zur Kreideformation, in welche ſie an einzelnen Orten ganz allmählig übergeht, gerechnet; doch zeigen die organiſchen Einſchlüſſe derſelben auf das Beſtimmteſte, daß ſie viel näher den übrigen tertiären Gebilden ſtehe, als der Kreide. Nach d'Archiac kannte man 1850 aus der Nummulitenbildung 1677 Species, von denen 920 Species nur ihr angehören; 323 derſelben ſind tertiär überhaupt und nur 5 ganz ſicher, 14 unſicher in der Kreideformation ebenfalls gefunden worden. Die Nummuliten ſelbſt ſind nur in dieſer Formation, aber auch hier in unendlicher Menge angehäuft, manche Kalkſteine, wie z. B. diejenigen, aus welchen die Pyramiden gebaut ſind, werden faſt ganz allein von zuſammengekitteten Schalen jener kleinen Thiere gebildet. Außer ihnen ſind es noch Muſcheln und Schnecken, welche in großer Menge in dieſer Abtheilung angetroffen werden und die wichtigſten Anhaltspunkte zur Erkennung derſelben liefern. Eine ähnliche Ausdehnung wie die Nummulitbildung hat keines der übrigen tertiären Glieder mehr erreicht, alle übrigen erſcheinen mehr als locale Abſätze in Seen und ſeichten Meeresküſten, in welchen ſie ſich wie in Becken ablagerten. Die

wichtigſten derſelben, welche theilweiſe gleichzeitig mit der Nummulitenbildung entſtanden, ſind die Ablagerungen im Pariſer und Londoner Becken.

Das Pariſer Becken. Nach d'Archiac folgen über der Kreide vier verſchiedene eocäne Bildungen oder Gruppen in folgender Ordnung von unten nach oben:

1) Unterer Meeresſand, sables inférieurs, hie und da Thonlager einſchließend, früher häufig als Gruppe des plaſtiſchen Thones aufgeführt. Er zerfällt abermals in ſechs Etagen und giebt ſich theils als Meeresbildung, theils als Süßwaſſerbildung mit einer Geſammtmächtigkeit von circa 120 Meter zu erkennen.

2) Grobkalk, calcaire grossier, 25 Meter mächtig. Aus Kalkſtein, Mergel und Sand beſtehend, und ſehr reich an Meeres-Foſſilien.

3) Mittlerer Meeresſand; ſeine Mächtigkeit wechſelt von 2—50 Meter; er beſteht faſt nur aus reinem hellen Quarzſand und iſt ebenfalls reich an Conchylien.

4) Süßwaſſerkalkſtein und Gyps. Die Mächtigkeit dieſer Gruppe beträgt 85—90 Meter, und zerfällt nach d'Archiac ebenfalls in fünf Etagen, die im Ganzen arm an Thierreſten ſind. In der zweiten dieſer Etagen, welche vorwiegend aus Gyps beſteht, finden ſich die vielen Reſte von Säugethieren, welche Cuvier beſchrieb. Auf dieſe zu der eocänen Formation gerechneten vier Gruppen folgt nun ſüdlich von Paris noch eine obere Meeresbildung, ein 15 Meter mächtiger Meeresſand, der nach oben in den ſ. g. Sandſtein von Fontainebleau übergeht und auf dieſem eine obere Süßwaſſerbildung, aus Kalk und Quarz beſtehend und von Thon bedeckt. Der Quarz iſt zu harten Geſteinsmaſſen zuſammengekittet, liefert gute Mühlſteine und wird daher häufig als Mühlſteinbildung von Montmorency aufgeführt [2]).

Das Londoner Tertiärbecken. Es iſt viel einfacher, faſt nur aus Thon und Sand zuſammengeſetzt. Die unterſte Lage bildet 1) eine kieſige, ſandige Maſſe mit Conglomeraten und thonigen Schichten. Darauf folgen 2) mächtige Lager von blauem oder ſchwärzlichem Thone, in welchem ſich hie und da mergelige Kalkconcretionen, ſ. g. Septarien, einfinden, die auch als ſ. g. Septarienkalk hie und da ausgebildet ſind. Dieſe Lager ſind als der ſ. g. Londonthon aufgeführt worden und entſprechen dem unteren

Meeresſand des Pariſer Beckens. An der Inſel Sheppey ſind dieſe, mehrere 100 Fuß mächtigen Schichten ſehr ſchön blosgelegt und enthalten eine Menge von Blättern, Stämmen, Früchten, dann von Fiſchen, Reptilien, Vögeln und ſelbſt Säugethieren. 3) Nach oben geht der Londonthon allmählich in einen feinen Sand mit Mergellagern gemiſcht über, den ſ. g. Bagſhot-Sand, deſſen Mächtigkeit 4—500 Fuß beträgt. In dem ſüdlichen Theile des Londoner Beckens kommen ebenfalls noch Süßwaſſerbildungen mit Meeresablagerungen wechſelnd vor, weche aus Mergeln, Kalken und Sand beſtehen und als Analogon der oberen Pariſer Bildungen aufgeführt werden. Namentlich auf der Inſel Wight ſind ſie mächtig entwickelt, und enthalten auch dieſelben Säugethierreſte wie die Gypſe bei Paris, nämlich Paläotherien, Anoplotherien u. a. [3]). Dieſe beiden Beiſpiele mögen für die älteren Tertiärgebilde hinreichen, auch in Belgien ſind dieſelben in ähnlicher Weiſe entwickelt.

Zu den neueren Tertiärbildungen gehört das Mainzer und das Wiener Becken, die wir kurz betrachten wollen.

Das Mainzer Tertiärbecken. Daſſelbe erſtreckt ſich zu beiden Seiten des Rheins von Landau bis Bingen, von der Haardt und dem Hunsrück bis nach Gießen. Auf dem rechten Ufer iſt es meiſt von den neueſten Bildungen bedeckt und bei Mannheim, Darmſtadt, Hanau, am Vogelsberg und in der Wetterau, deren Braunkohlenlager dazu gehören, nachzuweiſen. Nach Fr. Sandberger laſſen ſich zwei Abtheilungen in demſelben unterſcheiden, eine untere und eine obere, die eine ſehr wechſelnde Zuſammenſetzung aus Sand, Mergel, Kalk und Thon erkennen laſſen. Die unterſten Schichten ſind entſchiedene Meeresbildungen, dann kommen ſolche, welche einen mehr braki ſchen, gemiſchten Charakter erkennen laſſen und gehen ſo allmählich in reine Süßwaſſerbildungen über. Es zeigt nämlich die Fauna nirgends eine plötzliche Veränderung dieſer Verhältniſſe an, ſondern ebenfalls ganz allmähliche Uebergänge von einem marinen Becken zu denen eines Süßwaſſerbaſſins. Nach Sandberger zerfällt es in folgende Etagen.

Die Untere Abtheilung:

1) Meeresſand von Weinheim;
2) Cyrenenmergel und Septarienthon.

Obere Abtheilung:
(3) Landschneckenkalk und
(4) Cerithienkalk;
(5) Litorinellenkalk und
(6) Braunkohlenletten mit Litorinellen;
7) Blättersandstein von Münzenberg, Laubenheim, Wiesbaden;
8) Knochensand von Eppelsheim.

Die untere Abtheilung, und zwar der Meeressand, besteht aus einer Sand- und Geröllanhäufung, die je nach der Beschaffenheit der benachbarten Gebirge verschieden zusammengesetzt ist; durch ihre Einschlüsse ist sie als eine reine Meeresbildung charakterisirt. Austern (Ostrea callifera), Pectunculusarten und Cyprinen von Muscheln; Natica, Trochus u. a. reine Meeresschnecken sind die häufigsten. Eingeschwemmt finden sich auch hier Knochen von Landsäugethieren. Er entspricht der unteren Miocenbildung. Der Cyrenenmergel zeigt sich an verschiedenen Orten verschieden, auch aus Sand und Letten zusammengesetzt, enthält hie und da Septarien und Muscheln, welche schon ein brakisches Wasser verrathen, stellenweise selbst Süßwassermuscheln, so daß also schon die Umwandlung in ein Süßwasserbecken sich bemerklich macht. Hier treten auch schon die ersten Braunkohlenablagerungen auf.

Die obere Abtheilung besteht hauptsächlich und namentlich im Anfange aus Kalk, nach oben kommen aber Thone mit mächtigen Braunkohlenlagern und zuletzt Sand und Sandsteine in ziemlicher Mächtigkeit vor. Der Landschneckenkalk ist nur eine locale Uferbildung; in das noch brakische Wasser wurden Landschnecken und andere Landthiere eingeschwemmt. Man findet Eidechsen, Vögel u. a. zarte Knochen wohl erhalten. Mächtig entwickelt ist der Cerithienkalk, der an einzelnen Stellen auch als Cerithiensand auftritt und ebenfalls noch als eine brakische Bildung sich zu erkennen giebt. Der Litorinellenkalk ist die ausgedehnteste und nächst dem Cyrenenmergel mächtigste Etage und besteht hauptsächlich aus dichten, meist gelblichen Kalksteinen, in denen zum Theil, wie bei Weisenau, Mombach u. s. w., mächtige Steinbrüche angelegt sind. Er läßt selbst wieder zwei Abtheilungen erkennen und ist sehr reich an Versteinerungen. Land- und Süßwasserschnecken herrschen vor, doch kommen auch noch im brakischen Wasser lebende

Muscheln vor, in besonderer Menge die Litorinella acuta, welche auch heute noch in großer Anzahl in den Brackwassern des Mittelmeeres lebt. Auch Reste von 33 Säugethieren, Rhinocerosen, Tapiren, Hyotherien u. a., hat man namentlich bei Weissenau darin gefunden. Der Braunkohlenletten steht in nahem Zusammenhange mit der vorigen Abtheilung, und enthält noch viele Muscheln des Litorinellenkalkes, namentlich die Lit. acuta. Die mächtigen Braunkohlenlager der Wetterau, die eine Dicke bis zu 100 Fuß haben, gehören dieser Etage an. Auch wo die Braunkohlen fehlen, sind viele pflanzliche Reste enthalten, deren Stammpflanzen schon zu Gattungen gehören, die jetzt in unsern Gegenden vorkommen. Weiden, Birken, Ahorn, Nußbaumarten und selbst Spuren des Vorhandenseins von Weinreben hat man gefunden. Der Blättersandstein findet sich besonders in der Wetterau ziemlich mächtig entwickelt, stellenweise bis 250 Fuß, besteht in der Tiefe mehr aus Conglomeratmassen, die nach oben in einen feinkörnigen, oft schieferigen Sandstein übergehen. Sie enthalten fast nur Pflanzenreste, namentlich Blätterabdrücke von Eichen, Lorbeeren u. a. Zu oberst folgt nun eine ebenfalls mehr locale Bildung, der Knochensand bei Oppenheim, Heppenheim und Laubenheim besonders entwickelt, reich an Resten von Säugethieren, unter denen mehrere Arten aus den Gattungen Rhinoceros, Schwein, Hirsch, aus dem Katzengeschlechte, dann die ausgestorbenen Dinotherien, Mastodonten u. a. die wichtigsten sind [4]).

Es würde zu weit führen, auf die verschiedenen Ausbildungen jüngerer tertiärer Ablagerungen an den vielen Orten, wo sie bekannt sind, einzugehen. Dem Alter der Entstehung nach steht dem Mainzer Becken nahe das Wiener, aus dem bereits mehr als 1000 Species von Thieren bekannt sind, viele identisch mit denen bei Mainz gefundenen. Sand und plastischer Thon, s. g. Tegel, bilden die Hauptmasse dieser Ablagerungen, welche in zwei verschiedenen Etagen Braunkohlen enthält. Von ziemlich gleichem Alter sind auch die mächtigen Salz- und Gypsmassen zu beiden Seiten der Karpathen, z. B. die berühmten Salzablagerungen von Wieliczka und die wenigen Reste einer einst mächtigen Ablagerung bei Georgsgemünd an der Eisenbahn zwischen Schwabach und Gunzenhausen. Ebenfalls als miocen werden angesehen die tertiären Ablagerungen der Touraine in den Loiregegenden um Tours herum,

die von Bordeaux und Dax zwiſchen der Gironde und den Pyrenäen, die norddeutſche Braunkohlenformation, in der Baumſtämme vorkommen, welche ihren Jahresringen nach 3000 Jahre alt waren und auf ein ſubtropiſches Klima, ähnlich dem mexicaniſchen, ſchließen laſſen, und die um Turin an der Superga vorhandenen Ablagerungen [5]).

Als Beiſpiele für die neueſten (pliocenen) Tertiärgebilde iſt die Molaſſe- und Nagelfluh der Schweiz und die über 1000 Fuß mächtige ſ. g. Subapenninenformation anzuführen.

Die Molaſſeformation iſt hauptſächlich zwiſchen dem Jura und den Alpen und längs des Nordrandes derſelben ſtellenweiſe bis zu einer Mächtigkeit von 4000 Fuß entwickelt. Die eigentliche ſ. g. Molaſſe beſteht aus verſchiedenen Arten von Sandſteinen, während die Nagelfluh grobe Conglomerate enthält, welche durch ein ſehr bunt zuſammengeſetztes Sandſteincäment aneinandergekittet ſind. Mit dieſer kommen auch untergeordnet Kalkſteine vor, die ſich durch ihre Reſte theils als Meeres-, theils als Süßwaſſerbildungen charakteriſiren. Zu dieſen letzteren gehören die durch ihre Einſchlüſſe bekannten Oeninger Kalkſchiefer, in welchen jene berühmten, von Scheuchzer für Menſchenknochen gehaltenen, aber einem rieſigen Salamander angehörigen Skelettheile gefunden wurden. Zu den neueren tertiären Bildungen gehören auch noch mächtige Ablagerungen in Sicilien und Südrußland.

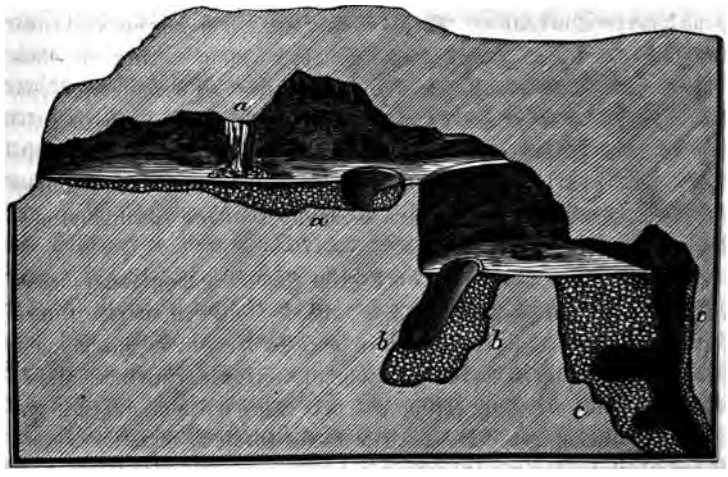
Während der Ablagerung der tertiären Gebilde fanden auch die Eruptionen von Baſalt, Phonolith und Trachyt Statt, wie dies namentlich in Centralfrankreich deutlich erkenntlich iſt, wo ſie ſich theilweiſe in Süßwaſſerſeen ergoſſen und auf dieſe Weiſe mit ſedimentären Gebilden wechſeln, deren Einſchlüſſe ihr Alter beſtimmen laſſen.

Eines der größten Tertiärbecken iſt in Südamerika vorhanden, welches die Flußthäler des Plata, Negro und anderer Ströme zwiſchen den Cordilleren und dem braſilianiſchen Hochlande einnimmt, und die ausgedehnten Pampas bedeckt. Man hat drei Abtheilungen in dieſen Ablagerungen gemacht und ſie von unten nach oben als die Guaraniſche, Patagoniſche Reihe aufgeführt, welche hauptſächlich aus Sand, Sandſteinen, Thonen und wenig Kalkſteinen beſtehen und von der oberſten, dem ſ. g. Pampasthone, überlagert werden. Sie zeichnen ſich aus durch ihren ungemeinen Reichthum an merkwürdigen Säugethieren, unter denen die rieſigen

Faulthiere, Gürtelthiere und Ameisenfresser die bekanntesten Formen sind.

Diese Bildungen gehen nach oben hin ganz allmählich in andere über, welche man als s. g. Diluvialbildungen von den tertiären abgesondert, häufig auch als quaternäre Bildungen bezeichnet hat. Sie bestehen meist aus sehr lockeren Massen, welche keine festen Gesteinsschichten bilden, aus Lehm, Kies und Geröllen, und werden an sehr vielen Gegenden unter Umständen angetroffen, die deutlich das Vorhandensein einer mehr oder weniger langen, theilweise mit gewaltsamen Erscheinungen verknüpften Fluth in der letzten Periode der Erdgeschichte anzeigen. Ebenso wenig als nach unten gegen die älteren tertiären Bildungen ist allerorts eine scharfe Grenze gegen die jetzt noch vor sich gehenden Umbildungen der Erdoberfläche zu ziehen. Es sind hier hauptsächlich zweierlei Erscheinungen in's Auge zu fassen: 1) die der Knochenbreccien und Ablagerungen in Höhlen und 2) die s. g. erratischen Erscheinungen, die Geschiebe oder Findlingsblöcke.

1) Knochenbreccien und Höhlenablagerungen. In allen Welttheilen findet man die Spalten in älteren Gesteinen und die Höhlen, welche sich namentlich in den Kalksteingebirgen gebildet haben, oft auch den Erdboden selbst, mit Schichten von Lehm, Sand und Geröllen bedeckt, in welchem sich sehr häufig eine große Menge von Knochen findet. Man trifft sie in den Kalksteinen aller Formationen, in dem der Urschieferformation angehörigen Kalke Brasilien's, wie in dem Kohlenkalke England's und in dem der Juraformation Deutschland's, besonders Franken's und Schwaben's. Die Erscheinungen, welche diese Höhlen darbieten, lassen deutlich erkennen, 1) daß die Mehrzahl der Knochen durch Wasser in dieselben eingeschwemmt worden sei, daß aber 2) auch viele solchen Raubthieren, namentlich Hyänen und Bären, angehörten, welche jene Höhlen bewohnten und die Knochen anderer Thiere, die ihnen zur Beute dienten, in diesen ihren Zufluchtsort schleppten. Für Ersteres spricht die Beschaffenheit vieler Höhlen selbst. So stellt z. B. die folgende Figur einen Durchschnitt der Gailenreuther Höhle bei Muggendorf dar, die in verschiedene Abtheilungen zerfällt. Der Boden derselben ist mit Lehm und Geröllen bedeckt, in welchen sich Knochen eingebettet finden, über die sich nach und nach eine kalkige Tropfsteinmasse abgelagert hat. Nun trifft man aber




Knochen ebenſo gut bei a, als bei b und c. Die Thiere, von denen ſich hier Reſte finden, können aber hier, bei b und c, nie gewohnt haben, weil ſie ſonſt unmöglich wieder zu dem Ausgang der Höhle hätten gelangen können. Häufig finden ſich auch ganz ſenkrecht hinabgehende Spalten, als einzige Verbindung der Höhlen mit der Oberfläche, und auch auf dem Grunde dieſer trifft man Knochen an. Dieſe ſelbſt zeigen ſich häufig abgerundet, theilweiſe zerbrochen, wie wenn ſie lange im Waſſer umhergerollt worden wären und finden ſich ſelten ſo beiſammen, daß man daraus ein vollkommenes Skelett zuſammenſetzen könnte, ſie zeigen ſich vielmehr als ſehr verſchiedenen Thierſpecies angehörig. — Dagegen ſpricht für die zweite der obigen Behauptungen das, daß in manchen Höhlen die entſchiedenſten Beweiſe angetroffen werden, daß ſie Raubthieren zum Aufenthalte gedient haben. Man findet nämlich in ſolchen Höhlen vorwiegend die Knochen einer Species von Raubthieren, daneben ſolche anderer Thiere, die jenen zur Beute dienten und ſelbſt deutliche Spuren der Benagung durch ſie erkennen laſſen, und ſelbſt die verkalkten Excremente von Hyänen z. B., welche unmöglich durch Waſſer an ihren Fundort hätten eingeſchwemmt werden können [6]).

In ähnlicher Weiſe findet man in Braſilien an vielen Stellen eine 10—50 Fuß mächtige Lehmſchichte theils auf der Oberfläche der Erde, theils in den Höhlen, welche zahlreiche Knochen von

Säugethieren enthalten, Verhältniſſe, die durch die mehrjährigen Unterſuchungen von Lund bekannt worden ſind. Auch in Neuholland und Neuſeeland hat man dergleichen Diluvialgebilde entdeckt. Sehr merkwürdig ſind dieſe Bildungen in Sibirien, wo man in dem gefrorenen Boden und in dem Eiſe der Lena theilweiſe noch mit allen Weichtheilen erhaltene Thiere aufgefunden hat. Wir werden ſpäter auf die dieſen Bildungen eigenthümlichen Thiere zurückkommen.

2) Die erratiſchen Erſcheinungen. Schon lange haben an vielen ebenen Gegenden, z. B. in der großen norddeutſchen Niederung, den tieferen Gegenden der Schweiz, die vielen ganz oberflächlich gelagerten, zum Theil enorm großen einzelnen Blöcke feſter Geſteine die Aufmerkſamkeit der Naturforſcher auf ſich gezogen, da ſich in der Nähe derſelben kein Gebirge findet, von dem ſie hergeleitet werden konnten. Die genauere Unterſuchung derſelben hat nun gelehrt, daß die der norddeutſchen Ebene von den ſchwediſchen Urgebirgen herſtammen, die der Schweiz aus den allerdings etwas näheren Alpen. Lange war es räthſelhaft, wie jene Maſſen von Blöcken, die immer häufiger und häufiger werden, je näher man ihrem Urſprungsorte kommt, auf ſo große Entfernungen über die Oſtſee — ſie reichen z. B. faſt bis Leipzig — fortgeſchafft werden konnten. Die Unterſuchungen der Erſcheinungen an Gletſchern und an ſchwimmenden Eisbergen haben uns in dieſen das Transportmittel jener Blöcke kennen gelehrt. Auch jetzt noch ſehen wir an vielen Punkten des Nordens und ebenſo im Süden Gletſcher bis in das Meer herabſteigen. Mit Blöcken beladen, welche von den Abhängen, zwiſchen denen ſich die Gletſchermaſſen hinbewegen, auf das Eis herabrollen, ſchiebt ſich dieſes in das Meer, trennt ſich in großen bergähnlichen Maſſen von den weiter rückwärts liegenden Theilen und ſchwimmt ſo langſam mit ſeiner Laſt durch die Polarſtrömungen (Kap. XVII. Anm. 8) getrieben dem Aequator zu. Durch die Sonnenwärme und die zunehmende Temperatur des Waſſers ſchmelzen ſie nach und nach und laſſen die Felsmaſſen, welche auf ihnen ſchwammen, endlich zu Boden ſinken. Nur die wenigſten und die größten Eismaſſen gelangen dem Aequator näher, daher iſt es leicht erklärlich, warum die Menge der Blöcke von den Polen gegen den Aequator abnimmt. Wir haben ſchon erwähnt, daß gegenwärtig bis zu 40° NB. und

36° SB. schwimmende Eisberge angetroffen werden, und von der Baffinsbay bis nach den Azoren, von den Südpolarländern bis nahe dem Kap der guten Hoffnung gelangen. Es setzt diese Erklärung jener Phänomene durch solche Eisberge nichts Anderes voraus, als daß zu der Zeit der erratischen Erscheinungen die norddeutsche Ebene vom Meere bedeckt und in Skandinavien Gletscher bis an das Meer reichten. Für Ersteres liefert uns die Bodenbeschaffenheit jener weiten Ebene hinreichende Beweise, für Letzteres ist die Möglichkeit ebenfalls leicht zu erweisen. Zu diesem Behufe wollen wir kurz auf die Bedingungen der Gletscherbildung hier eingehen.

An allen Punkten der Erdoberfläche nimmt die Temperatur mit der senkrechten Erhebung über dieselbe ab, so daß selbst in den heißesten Ländern in einer gewissen Höhe die Temperatur auf Null und selbst weit unter Null herabsinkt. Steigen Berge bis zu jener Höhe empor, so bilden sich die wässrigen Niederschläge nicht mehr in flüssiger Form, sondern in fester, als Reif und Schnee, aus. Die Linie, welche in einer bestimmten geographischen Breite die Grenze angiebt, über welcher der Schnee auch im Sommer nicht mehr schmilzt, heißt die Schneelinie. Im Allgemeinen rückt dieselbe von dem Aequator an, wo sie circa 14000 Fuß hoch über der Meeresfläche liegt, gegen die Pole zu immer weiter herab, und wird in den Alpen im Durchschnitt bei 9000 Fuß Höhe angetroffen. Dieselbe ist jedoch nach den Reliefverhältnissen der verschiedenen Gebirge und nach den meteorologischen der verschiedenen Jahre einem ziemlich beträchtlichen Wechsel unterworfen [7]). Geht ein Berg weit über die Schneegrenze hinauf, so rückt dieselbe weiter herab, als gewöhnlich, während auf einem Berg, dessen Gipfel nur wenig über die mittlere Höhe der Schneelinie hinausragt, oft aller Schnee schmilzt. Fällt in einem Winter oder selbst mehrere hinter einander mehr als gewöhnlich Schnee, ist der Sommer weniger warm, so reicht die Wärme desselben nicht hin, den Schnee zu schmelzen, und er bleibt in einem solchen Falle selbst auf niedrigeren Bergen liegen. Die nächste Bedingung zur Entstehung eines Gletschers ist nun die, daß der Winterschnee beständig an einer Stelle nicht ganz schmilzt. Zur wirklichen Bildung eines Gletschers bedarf es dann aber auch noch einer geneigten Unterlage für jene Schneemassen [8]). Betrachten wir im

Allgemeinen einen Gletſcher, ſo bemerken wir, daß derſelbe an ſeinem unteren Ende eine mehr oder weniger bedeutende Eismaſſe darſtellt, welche zum Theil weit unter die Schneelinie herabſteigt und nach oben einen allmählichen Uebergang in den ewigen Schnee der höheren Regionen erkennen läßt. Größere Gletſcher entſtehen da, wo große weite Schneefelder nach unten in ein ſchmaleres Thal übergehen, welches eine geringe Neigung ſeiner Sohle erkennen läßt. Von unten nach oben läßt nun jeder Gletſcher drei Hauptformen ſeiner ihn zuſammenſetzenden Maſſe erkennen, welche drei verſchiedenen Regionen entſprechen. Das unterſte Ende zeigt eine compacte Eismaſſe, welche ſehr verſchieden dick und lang ſein kann. Bei dem Aargletſcher bildet nach Agaſſiz das compacte Eis eine 9000 Meter, alſo 1⅓ deutſche Meile lange Maſſe, manche haben noch längere, viele aber auch bedeutend kürzere Eisregionen. Auf dieſe folgt die Region des Firnes (névé). Der Firn ſtellt die Mittelſtufe zwiſchen dem Gletſchereis und dem eigentlichen Schnee dar. Er beſteht aus kleinen, neben einander liegenden, von concentriſchen Lagen zuſammengeſetzten Eiskörnchen, die nach und nach gegen die oberen Regionen hin in den feinen, ſtaubartigen, kryſtalliniſchen Schnee der Hochgebirge übergehen.

Schmilzt der eigentliche Schnee oberflächlich, ſo ſickert das dadurch gebildete Waſſer in die tieferen Lagen deſſelben und gefriert hier wieder; dadurch wandelt er ſich zu einzelnen Eiskörnchen, d. h. in Firn um. In dem Maaße, als namentlich weiter thalabwärts das Schmelzen bei Tage ſtärker wird, während Nachts wiederum das Waſſer um den Firn herum gefriert, vergrößern ſich durch das Schmelzen der oberflächlichen Firnkörner die tieferen immer mehr und mehr, legen ſich immer näher und feſter an einander und verwandeln ſich auf dieſe Weiſe nach und nach in das eigentliche Gletſchereis, welches ſeine Entſtehung aus ſolchen einzelnen Eisſtückchen noch deutlich zu erkennen giebt, wenn man es der Wärme ausſetzt, indem es dadurch in kleine winkelige Fragmente zerfällt. Auch das ſ. g. compacte Gletſchereis iſt von einem feinen Netzwerke für gewöhnlich dem Auge entgehender Spalten, den ſ. g. Haarſpalten, durchzogen, welche aber ſchon durch Anhauchen des Eiſes wohl ſichtbar werden und durch gefärbte Flüſſigkeiten leicht nachgewieſen werden können, da dieſe raſch in dieſelben eindringen.

Erſt ganz am Ende langer Gletſcher verlieren ſich dieſe Eigenſchaften des Eiſes, verſchwinden die Haarſpalten.

Beobachtet man Felsblöcke, welche von den Abhängen, zwiſchen denen die Gletſcher eingeſchloſſen ſind, auf dieſen herabgerollt ſind, ſo bemerkt man an ihnen oder an Gegenſtänden, welche man zu dieſem Zwecke auf dem Gletſcher befeſtigt hat, daß ſich die ganze Maſſe deſſelben wie ein Schlammſtrom thalabwärts bewegt, wodurch eben jene Blöcke an das Ende des Gletſchers gelangen. Durch das Schmelzen an dem unteren Ende wird dem weiteren Vorwärtsbewegen der Eismaſſe eine Grenze geſetzt; doch ſchwankt dieſe vielfach hin und her, bald iſt ſie weiter unten im Thale, bald weiter oben, je nach dem Wechſel der Sommerwärme und der Menge des im Winter gefallenen, den Gletſcher nährenden Schnees. Die Blöcke, welche von oben herab wie auf einem Schlitten thalabwärts geführt werden, rollen am Ende über das Gletſcherende hinab und bilden eine wallartige Anhäufung von Steinen vor demſelben, welche man als ſ. g. Endmoränen oder Stirnmoränen bezeichnet, wahre Muſterkarten aller Geſteine, die thalaufwärts des Gletſchers Wände bilden [9]).

Eine ſo ungeheuere Eismaſſe, wie die eines Gletſchers, die oft viele 100 Fuß dick iſt, übt bei ihrem Fortgleiten über den Boden und an ihren Seitenwänden einen ſehr bedeutenden Druck und eine Reibung aus, welche die Felſen des Grundes und der Seitenwände abrundet, förmlich polirt und mit eigenthümlichen, der Richtung der Gletſcherbewegung entſprechenden Streifen und Ritzen verſieht. Dieſe Ritzen rühren davon her, daß von den Geſteinstrümmern, welche auf den Gletſcher ſelbſt fallen, ſehr viele durch die häufig im Eiſe entſtehenden tiefen Spalten auf den Grund gelangen und nun durch die Gletſcherbewegung wie eine Feile über die Geſteine mit unwiderſtehlicher Gewalt hinweggeſchoben, ſelbſt zermalmt werden, aber auch die Spuren ihres Weges als jene Streifen hinterlaſſen, und zuletzt als mehr oder weniger grober Sand an dem Fuße des Gletſchers mit dem geſchmolzenen, unten als Gletſcherbach im Sommer hervorbrechenden Waſſer zum Vorſchein kommen [10]).

Weder das Waſſer von Flüſſen, noch irgend ein anderes natürliches Agens bringt derartige Erſcheinungen hervor und wo man beides zuſammen antrifft, abgerundete polirte und zugleich

geritzte Felsen, kann man auf das frühere Vorhandensein von Gletschern schließen. Sowohl in der Schweiz, wie in Scandinavien findet man nun derartige Erscheinungen in großer Menge, welche anzeigen, daß zur Zeit der Ausbreitung der erratischen Blöcke die Gletscher in jenen Ländern eine viel größere Verbreitung hatten, und namentlich in den Alpen sind sie besonders durch Agassiz mit großem Eifer aufgesucht und nachgewiesen, zugleich auch zur Erklärung des Transportes der Schweizer Findlingsblöcke angewandt worden [11]).

Wir haben oben gesehen, daß überall, wo auf geneigten Flächen während der kälteren Jahreszeit mehr Schnee fällt, als im Sommer schmelzen kann, Gletscher entstehen können; es kommt also durchaus nicht auf das absolute Verhältniß der Wärme, auf die mittlere Jahrestemperatur, an, sondern nur auf das relative Verhältniß der Sommerwärme zur Menge des Schnees, indem namentlich letzterer durchaus nicht mit der Zunahme der Kälte sich steigert. Ein feuchtes, keine sehr großen Temperaturdifferenzen zeigendes Klima kann die Gletscherbildung möglich machen, während bei einer eben so hohen, aber durch größere Extreme — größere Kälte im Winter, höhere Hitze im Sommer — erzeugten, an anderen Orten keine Gletscher entstehen [12]).

Wir sehen, daß große Continentalmassen in ihrem Inneren sehr bedeutende Unterschiede der Temperatur veranlassen, im Winter sehr kalt, im Sommer sehr heiß sind, daß dagegen Inseln und Küsten viel geringere Temperaturunterschiede darbieten. Gegenwärtig steht die Nordhälfte der alten Welt zu der Südhälfte der neuen in dieser Beziehung in einem sehr schroffen Gegensatz; während bei uns daher unter 46½° NB. einer der größten der Aargletscher schon bei 3000 Fuß Meereshöhe sein Ende erreicht, und nicht tiefer herabzurücken vermag, steigen unter derselben Breite auf der südlichen Halbkugel in der Bay von Penas die Gletscher noch unmittelbar bis in das Meer herab. War daher in früheren Zeiten die norddeutsche Ebene, ein großer Theil Rußland's noch vom Meere bedeckt, so waren die klimatischen Verhältnisse Scandinavien's ähnlich wie diejenigen Südamerika's und seine Gletscher konnten leicht bis in das Meer herabreichen und deren losgetrennte Eismassen mit ihren Blöcken sich nach Süden zu über die norddeutsche, damals noch vom Meere bedeckte Ebene verbreiten.

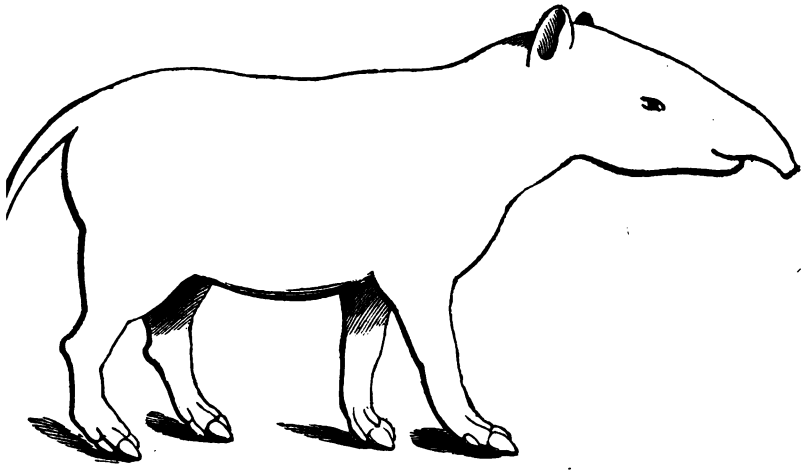
Schmolzen jene ſchwimmenden Eisberge, ſo ſanken die Blöcke zu Boden und daraus läßt ſich leicht erklären, warum dieſelben, je weiter nach Süden man kommt, immer ſeltener werden; denn nur die größten Eisberge konnten weiter nach Süden gelangen, ohne vollkommen zu ſchmelzen [13]).

Man hat viele andere Erſcheinungen, welche das Vorhandenſein jener Gletſcher noch wahrſcheinlicher machen; dazu gehört, daß in den lockeren, um die erratiſchen Blöcke ſich befindenden Sand- und Kiesmaſſen jener Gegenden, in welchen die alten Gletſcher waren, ſolche Seethiere, namentlich Muſcheln, angetroffen werden, welche jetzt in unſeren kälteren Meeren leben, früher aber um jene Gletſcher herum in dem durch dieſe erkälteten Waſſer exiſtiren konnten.

So vereinigt ſich Alles, um jene Theorie zur Erklärung der erratiſchen Erſcheinungen immer mehr zur Thatſache zu erheben, und ſie wird gegenwärtig faſt von Allen als die wahrſcheinlichſte und befriedigendſte angenommen. An dieſe beiden neueſten Bildungen ſchließen ſich andere an, welche bis in die gegenwärtigen Zeiten fortgehen, z. B. die Dünenbildungen und die Anſchwemmungen unſerer jetzigen Ströme. Von allen dieſen läßt ſich ebenſo wie von den tertiären Gebilden nur durch die in ihnen eingeſchloſſenen Thierreſte die Zeit ihrer Entſtehung nachweiſen; wir müſſen daher noch einen Blick auf die Organiſation zur Zeit der tertiären Bildungen werfen. Es iſt nicht möglich bei dem außerordentlichen Reichthum an Thier- und Pflanzenformen, welche in denſelben eingeſchloſſen ſind, ſämmtliche Klaſſen der Fauna und Flora zu betrachten [14]). Wir haben ſchon erwähnt, wie man nach dem Gehalte an noch lebenden Muſchelnſpecies drei Unterabtheilungen der Tertiärgebilde gemacht hat. Außer dieſer Klaſſe iſt es nun aus dem Thierreiche die höchſt organiſirte, die der Säugethiere, welche jetzt zum erſten Male zahlreich vertreten iſt, und die Tertiärgebilde ebenſo wohl gegen die älteren Formationen, als gegen die jetzige Schöpfung abgrenzt. Gehen wir die verſchiedenen Ordnungen der Säugethiere durch [15]), ſo finden wir, daß ſowohl nach dem Auftreten von Repräſentanten aus dieſen, als auch nach der Art der Verbreitung der Thiergattungen die Tertiärgebilde ſich in zwei Hauptabtheilungen zerfällen laſſen, welche im Allge-

meinen wohl der eocänen, und der miocänen und pliocänen Periode zuſammen entſprechen.

In der älteſten Periode herrſchten beſonders die eigentlichen Dickhäuter, Pachydermata, vor, und zwar in Gattungen, welche jetzt ſämmtlich ausgeſtorben ſind. Hierher gehören die in dem Gypſe von Montmartre in großer Anzahl gefundenen merkwürdigen, durch Cuvier berühmt gewordenen Reſte der Paläotherien, Anoplotherien, Xiphodonten, Dichobunen und Lophiodonten. Die Paläotherien, wie das hier dargeſtellte P. magnum und die Lophio-



donten ſtehen zwiſchen den Tapiren und Rhinoceroſen. Das größte hatte die Höhe eines Pferdes, die kleinſten Species waren nicht größer als Haſen. Die Anoplotherien waren zierlicher gebaut und etwas kleiner, etwa ſo groß wie Eſel, noch kleiner waren jene beiden anderen erwähnten Gattungen. Die Wiederkäuer (Ruminantia) fehlen in den älteſten Tertiärgebilden ganz. Von den Nagern (glires), den Flatterthieren (Chiroptera) und den Fleiſchfreſſern (Carnivora) kommen ſchon hie und da Repräſentanten aus Gattungen vor, welche gegenwärtig noch leben; ſo aus dem Geſchlechte Myoxus, zu welchem unſer Siebenſchläfer gehört, Vespertilio (Fledermaus) und von den Fleiſchfreſſern aus den Gattungen Canis (Hund), Viverra (Zibethhier) u. a., doch ſind es meiſt nur kleine Thiere, in geringer Menge vorhanden und von den größeren Raubthieren finden ſich noch keine Spuren.

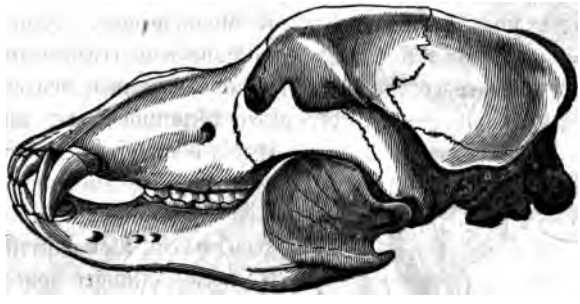
In der mittleren Tertiärzeit finden sich nur noch wenige Spuren jener alten Pachydermen. Es treten auch aus dieser Ordnung neben ausgestorbenen noch lebende Gattungen auf, und auch jene zeigen schon größere Aehnlichkeit mit diesen. Namentlich das Mainzer Becken hat eine große Anzahl solcher Säugethierreste uns aufbewahrt. Macrotherien und Paläotherien sind sehr schwach vertreten. Die eigenthümliche Form des Dinotherium, welche man früher zu den Pachydermen stellte, scheint die größte Aehnlichkeit noch mit dem Wallrosse zu haben und entweder, wie dieses, zu den Ruderfüßern (Pinnipedia), wie unsere Robben, zu gehören, oder zu der Familie der Sirenen, aus der Ordnung der Cetacea, zu welcher unsere Wallfische und Delphine gehören, welche ebenfalls schon in den tertiären Gebilden repräsentirt waren, unsere Wallfische jedoch nicht an Größe übertrafen. Dem Schädel nach muß es ein sehr großes Thier, von 15—20 Fuß Länge, gewesen sein. Von unstreitig jetzt lebenden Gattungen nahe stehenden Pachydermen sind im Mainzer Becken Reste gefunden worden, welche auch in Amerika nicht

selten angetroffen und nach ihrem Hauptfundorte dort als „Ohiothier" bezeichnet werden. Diese stehen unserem Elephanten ziemlich nahe, hatten, wie dieser, lange Stoßzähne und übertrafen sie noch etwas an Größe. Die europäische Species Mastodon longirostris ist etwas verschieden von der amerikanischen, M. giganteus, welche, jünger als die europäische Art, in den Diluvialgebieten Nordamerika's vorkommt. Das von Koch vor einiger Zeit als Missurium gezeigte Thierskelett ist ein M. giganteus. Von lebenden Pachydermen ist die Gattung Rhinoceros in vier Arten, die Gattung Sus (Schwein) in drei Arten, und ein Tapir angetroffen worden.

Die Wiederkäuer (Ruminantia) treten hier ebenfalls zum ersten Male auf, theils in ausgestorbenen ungehörnten Gattungen, wie Dorcatherium und Palaeomeryx, dann in solchen mit Geweihen,

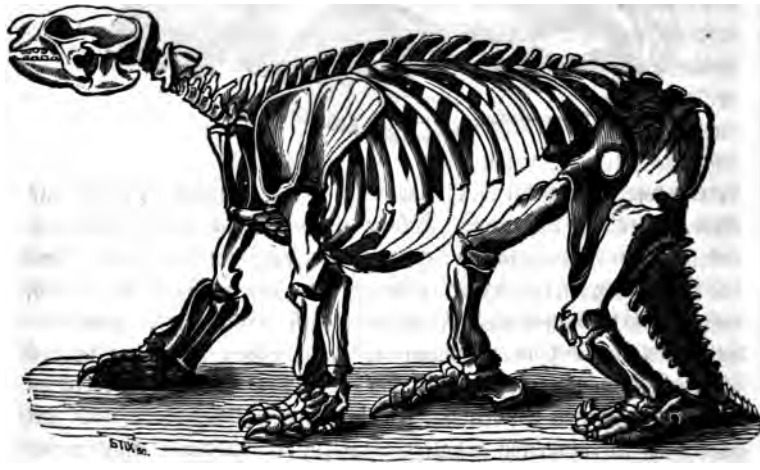
z. B. die Gattungen der Hirſche (Cervus), mit ſieben Arten bei Eppelsheim gefunden. Auch die Fleiſchfreſſer zeigen ſich etwas vermehrt; das gegenwärtig ſo mächtig entwickelte Katzengeſchlecht tritt hier zum erſten Male auf, doch auch jetzt noch fehlen die größeren Raubthiere aus dieſer Gattung; die Nager enthalten ebenfalls noch lebende und ausgeſtorbene Gattungen neben einander.

In der oberen Abtheilung der Tertiärformation, namentlich in den Diluvialgebilden, treten die jetzt nicht mehr lebenden Gattungen immer mehr zurück; die große Mehrzahl derſelben gehört noch lebenden Gattungen an, und namentlich die fleiſchfreſſenden Thiere treten in außerordentlich reicher Entwicklung und mit Arten auf, welche unſere jetzt exiſtirenden ſelbſt an Größe übertreffen.



Bären, wie der Höhlenbär, Ursus spelaeus, Hyänen, Löwen und Tiger finden ſich in großer Menge in den Diluvialablagerungen, aber alle ſind ſpecifiſch verſchieden von den jetzt lebenden. Von den Pachydermen treten neben denen der vorigen Abtheilung nun auch Elephanten und Flußpferde auf. Eine dieſer alten Elephantenarten, Elephas primigenius, welche weit verbreitet in den Diluvialgebilden vorkommt, iſt der ſ. g. Mammuth, von welchem in dem gefrorenen Boden Sibirien's einzelne Exemplare noch mit Haut und Weichtheilen erhalten angetroffen wurden. Aus dieſen Reſten hat man erkannt, daß der Mammuth mit dicken langen Haaren bedeckt und wohl geeignet war, ein kälteres Klima zu vertragen, als die jetzt lebenden Elephanten, alſo ein tropiſches für Sibirien zu jenen Zeiten anzunehmen uns nicht zwingt. Von den Wiederkäuern finden ſich außer Hirſchen nun auch Ochſen in großer Menge. Neuerdings hat man auch in Frankreich und

Indien Reſte von Giraffen entdeckt, und in den Sivalikbergen (Vorbergen des Himalaya in Indien) eine eigenthümliche Gattung, Sivatherium, welche, der Giraffe ähnlich, einen viel plumperen Bau als dieſe zeigt. — Von den Einhufern, Solidungula, tritt ebenfalls in dem Diluvium zuerſt das Pferd auf und findet ſich gleichmäßig auf der öſtlichen wie auf der weſtlichen Halbkugel. — Die ſonderbare Ordnung der Edentata (Zahnloſe) findet ſich gegenwärtig nur auf der ſüdlichen Halbkugel entwickelt. Stumpfſinnige, langſame Thiere, wie das Faulthier, der Ameiſenfreſſer, waren auch die früheren Edentaten. Doch waren ſie damals durch zahlreichere und zum Theil rieſig große Arten repräſentirt. Namentlich die Diluvialgebilde der ſüdamerikaniſchen Pampas enthalten merkwürdige Arten derſelben eingeſchloſſen. Die größte iſt wohl das 1789 am La Plata gefundene Megatherium, deſſen Skelett eine Länge von 14 Fuß und eine Höhe von 8 Fuß hatte, und nach ihm ein rieſiges Faulthier, Mylodon robustus, deſſen Skelett hier abgebildet iſt. — In der alten Welt wie in der neuen hat



man auch die Reſte von Affen gefunden; von europäiſchen Ländern in Südfrankreich und in England.

Vergleichen wir die verſchiedenen Abtheilungen der Tertiärgebilde in Beziehung auf die eingeſchloſſenen Reſte mit einander, ſo können wir daraus für die Geſchichte der Erde nicht unwichtige Schlüſſe ziehen.

In den früheren Zeiten dieſer Periode ſehen wir von den höher organiſirten Thieren, den Säugethieren, zunächſt nur ausgeſtorbene Gattungen und aus den niedrigeren Ordnungen, namentlich den plumpen Dickhäutern, auftreten, erſt nach und nach in den höheren Abtheilungen finden ſich gleiche Gattungen und höhere Ordnungen, zuletzt die Affen, ein. Dieſe ſowohl, wie die Pflanzen und Seethiere zeigen uns, daß noch ein milderes Klima in höheren Breiten herrſchte, als gegenwärtig. Doch war es in unſeren Breiten ſchon kein eigentlich tropiſches mehr, denn unſere Waldbäume, Tannen, Fichten, Ahorne, Ulmen, Eichen u. ſ. f. bildeten auch damals ſchon in den Niederungen die Hauptmaſſe der Vegetation; Palmen und baumartige Farren finden ſich nur in ſüdlicheren Ländern. Die Braunkohlenformation von Mittel und Norddeutſchland giebt zu erkennen, daß ein Klima ähnlich dem von Nordmexico oder dem an den Nordküſten des mittelländiſchen Meeres in unſeren Gegenden herrſchte. Die Verbreitungsbezirke der Säugethiere und auch der Mollusken waren viel größer als gegenwärtig, beſonders in den früheren Zeiten dieſer Periode, doch finden ſich manche Species auch noch in den Diluvialgebilden gemeinſchaftlich in Nordamerika, Deutſchland, Sibirien und Neuholland. Namentlich die Diluvialgebilde laſſen jedoch ſchon eine ſehr große Aehnlichkeit mit der jetzigen Schöpfung auch in Beziehung auf die Verbreitung derſelben erkennen; doch zeigen ſich dieſelben allgemein größer als die jetzigen Bezirke der einzelnen Thiergattungen. Wie gegenwärtig können wir auch in der Diluvialzeit drei von einander abgeſonderte und in ihrer Organiſation ſehr von einander abweichende Landmaſſen unterſcheiden, den alten Continent Europa, Aſien und Afrika, dann Amerika und Neuholland. Nashörner, Hyänen, Katzenarten und Affen mit 32 Zähnen ſind, wie jetzt, auch in der Diluvialzeit nur auf den alten Continent beſchränkt; Amerika hat dagegen die Faulthiere und Gürtelthiere und die Affenarten mit 36 Zähnen ausſchließlich. Neuholland's Diluvium zeichnet ſich durch die Beutelthiere aus, welche ihm damals, wie jetzt, eigenthümlich waren. Alle waren jedoch weiter verbreitet, namentlich nach Norden zu. So lebten in England Hyänen, Löwen, Tiger, Elephanten und Nashörner, die beiden letzteren wurden ebenfalls in Sibirien gefunden. Wenn auch die Bedeckung der letzteren eine ſolche war, daß ſie nicht ein tropiſches Klima bedurften, ſo muß es doch etwas

wärmer gewesen sein, als gegenwärtig, da jetzt jene Thiere in Sibirien nicht einmal die nöthige pflanzliche Nahrung finden würden. Die geringere im Norden vorhandene Landmasse macht uns erklärlich, daß die Kälte des Winters nie so groß werden konnte, als gegenwärtig und diese ist es ja hauptsächlich, welche Sibirien fast unbewohnbar macht und die Baumvegetation nicht aufkommen läßt, nicht ein Fehlen der Sonnenwärme.

Ueberblicken wir noch einmal kurz die Resultate, welche sich in Beziehung auf die physische Beschaffenheit der Erdoberfläche und auf die Verbreitung der Organismen über dieselbe aus dem Bisherigen ergeben, so können wir dieselbe in folgenden Sätzen aussprechen:

1) Während der Tertiärzeit war noch ein großer Theil der jetzigen Continente von Wasser bedeckt.

2) Das Klima war im Allgemeinen in den ersten Zeiten dieser Periode noch etwas wärmer, als es gegenwärtig ist. Es herrschte mehr ein Inselklima, als ein Continentalklima.

3) Die Organisation zeigt immer mehr eine fortschreitende Annäherung an die jetzige Schöpfung.

4) Auch in Beziehung auf die Verbreitungsbezirke der Thiergattungen nähern sich die Tertiärgebilde immer mehr dem jetzigen Zustande.

5) Von den höher organisirten Säugethieren ist es entschieden, daß sämmtliche Reste, selbst die in den Diluvialgebilden eingeschlossenen, Arten (species) angehörten, welche von den jetzt lebenden specifisch verschieden waren.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum einundzwanzigsten Kapitel.

[1]) zu S. 572. Der ausgezeichnete Conchyologe Deshayes hat 3000 in tertiären Gebilden enthaltene Conchylien mit 5000 1830 bekannten lebenden verglichen. Er fand, daß, je jünger die Ablagerung war, aus welcher man Muscheln nahm, desto größer die Anzahl derjenigen sich herausstellte, welche mit jetzt lebenden Species identisch waren, und zwar so, daß in der unteren Abtheilung der Tertiärgebilde (von Paris und London) etwa 3, in der mittleren (Bordeaux, Turin und Wien) etwa 19 und in der oberen (subapenninische Formation) etwa 52% mit jetzt lebenden vollkommen identisch sich zeigten. Darnach nannte er nun erstere die eocene (von Eos und Kainos, neu; Morgenröthe der neuen Zeit, weil mit den Tertiärgebilden gewissermaßen die neue Zeit der höchsten Organisation begann), die zweite die miocene (von mion, weniger neu) und die dritte die pliocene (mehr neu) Periode. — Diese Eintheilung ist jedoch nicht stichhaltig, sowie man auch die anderen, namentlich die Säugethierreste, mit berücksichtigt; hiernach kann man am besten zwei Abtheilungen machen, eine untere, welche der eocenen entspricht und eine obere, welche die beiden letzten enthält, die wenigstens durchaus nicht so scharf gegen einander abgegrenzt sind, wie gegen die erstere, wenn sich gleich noch Verschiedenheiten in derselben nachweisen lassen.

[2]) zu S. 574. Die vollständige Eintheilung nach d'Archiac ist folgende:

I. Unterer Sand:
- 1) Glaukonitischer Sand und unterer Süßwasserkalk;
- 2) plastischer Thon, Sand und Braunkohlen;
- 3) Sand, Sandstein und Conglomerat;
- 4) verschiedene Sande;
- 5) Conchylienbänke mit Nummuliten;
- 6) glaukonitischer Sand und Thon.

II. Grobkalk:
- 7) Unterer oder glaukonitischer Grobkalk;
- 8) mittlerer Grobkalk mit Nummuliten;
- 9) oberer Grobkalk oder Cerithienkalk;
- 10) Mergel.

III. Mittlerer Meeressand
- 11) auch grès de Beauchamp genannt.

IV. Gruppe des Süßwasserkalkes und Gypses:
- 12) Mergel und Kalkstein, mit wenig Säugethieren;
- 13) Gyps und Gypsmergel, reich an Säugethieren;
- 14) mergelige Kalksteine und grüne Mergel;
- 15) Kieselkalkstein und Mergel;
- 16) Mühlsteinquarz und Thon.

Oberer Meeressand.

Obere Süßwasserbildung.

[3]) zu S. 575. Auch die einzelnen Abtheilungen des Londoner Beckens zeigen verschiedene Unterabtheilungen, die sich in folgender Weise mit denen bei Paris vergleichen lassen. Es entsprechen sich nämlich folgende Abtheilungen:

| Paris. | London. |
|---|---|
| 1) Unterer Meeressand. | 1) Themsesand, plastischer Thon, Londonthon und Bognorlager. |
| 2) Grobkalk. | 2) Bagshotsand, Brackleshamsand, Bartonthon und Headonreihe. |
| 3) Mittlerer Meeressand. | 3) St. Helenslager. |
| 4) Süßwasserkalk. | 4) Bembridgekalk und Mergel. |
| 5) Oberer Meeressand. | 5) Hempsteadreihe. |

4) zu S. 577. Die wichtigsten Schriften über das Mainzer Becken sind: Fr. Sandberger, Untersuchungen über das Mainzer Tertiärbecken und Fr. Voltz, Uebersicht der geologischen Verhältnisse des Großherzogthums Hessen. Die Angaben im Texte sind größtentheils der letzteren Schrift entnommen.

5) zu S. 578. Was die Braunkohlengebilde betrifft, so glaubte man früher allgemein, daß sie überall der eocenen Periode angehörten. Doch hat sich gezeigt, daß ebenso wenig, wie die Steinkohlen, auch diese an eine bestimmte Abtheilung gebunden seien, wie sich schon daraus ergiebt, daß in dem Pariser Becken und in dem Mainzer Braunkohlenlager angetroffen werden. Die Braunkohlen selbst stehen dem Holze noch viel näher als die Steinkohlen, indem neben dem Kohlenstoff noch 17—27% Sauerstoff und 3—5% Wasserstoff in ihnen enthalten sind, ihre holzige Structur meist noch mit dem bloßen Auge erkannt werden kann, und durch das s. g. bituminöse Holz ganz allmähliche Uebergänge in gewöhnliches Holz Statt finden. Sie finden sich in Flötzen, wie die Steinkohlen, die oft eine sehr bedeutende Mächtigkeit haben, welche z. B. in Böhmen bis zu 10 Klafter anwächst, bei Zittau, allerdings mit den Zwischenlagen von Thon, selbst über 100 Fuß beträgt. Sie liegen meist zwischen Sand- und Thonschichten und folgen nicht in der großen Anzahl über einander, wie die Steinkohlenflötze. Nach L. v. Buch sind in Deutschland sieben verschiedene, viele Unterbrechungen zeigende Braunkohlenbecken entwickelt:

1) Das oberrheinische, zwischen Schwarzwald und Vogesen;
2) das rheinisch-hessische, zwischen dem Taunus, dem Thüringer Wald und dem westphälischen Sauerlande;
3) das niederrheinische, hauptsächlich zwischen Bonn, Aachen und Düsseldorf;
4) das thüringisch-sächsische, in Thüringen, Sachsen und Altenburg;
5) das böhmische, im nördlichen Böhmen;
6) das schlesische, vom Bober bis nach Oberschlesien, Polen und Galizien;
7) das norddeutsche, durch ganz Norddeutschland bis Posen und Polen sich erstreckend.

Auch die Braunkohlenlager sind reich an Beispielen für gewaltsame Schichtenstörungen; namentlich Basalte, Phonolithe und ähnliche Gesteine haben sich häufig zwischen dieselben eingedrängt, und die Kohlen zeigen sich nicht selten in ihrer Nähe auffallend, wie durch Hitze, verändert. Die Pflanzen, welche in den Braunkohlenlagern angetroffen werden, sind größtentheils solche, welche ein subtropisches Klima verrathen. Von 146 aus dem niederrheinischen Bassin bekannten Species lassen nach O. Weber nur 26 auf ein tropisches, alle übrigen ein subtropisches oder gemäßigtes Klima schließen. Dasselbe gilt nach Göppert für die 184 aus der norddeutschen Braunkohlenformation bekannten Pflanzen, und nach Reuß für diejenigen im böhmischen Becken. — Die Braunkohlen selbst entstanden größtentheils aus Hölzern. Coniferen, besonders Cypressen, sind die häufigsten Bäume. Der im Texte erwähnte Stamm war am Siebengebirge gefunden, er hatte 11 Fuß im Durchmesser und gehörte dem Genus Campoxylon, ebenfalls einer Cypressenart, an.

6) zu S. 580. Die Höhlen der Kalkgebirge haben von jeher durch die ihnen eigenthümlichen schönen Tropfsteingebilde die Aufmerksamkeit der Naturfreunde und in den neueren Zeiten durch die in ihnen gefundenen Thierreste die der Naturforscher auf sich gezogen. Ihre Entstehung verdanken sie wohl größtentheils dem Wasser, welches, durch Spalten hindurchdringend, den Kalk theilweise auflöste und so jene Hohlräume veranlaßte. Das in späteren Zeiten durch die oberen Schichten mehr gleichmäßig hindurchsickernde Wasser löste ebenfalls Kalk auf, den es theilweise an den Decken, theilweise auf dem Boden oft in den wunderlichsten Formen zurückließ. Die von oben herabhängenden Tropfsteine nennt man Stalactiten, während die von dem Boden sich erhebenden als Stalagmiten beschrieben werden. Der Boden der meisten Höhlen ist mit einer mehr oder minder dicken Stalagmitenrinde überzogen und wenn man diese durchbricht, findet man eben jene Lehm- und Geröllmassen mit den eingelagerten

Knochen. In der Baumannshöhle am Harz, in der Gailenreuther, überhaupt in den knochenführenden, hat man bemerkt, daß eine Lehm- und Geröllage von einer Stalagmitendecke überzogen ist. Daraus geht hervor, daß jene nur einmal unter Wasser gesetzt war, und daß nachher die Bildung dieser ununterbrochen vor sich gegangen sei. In manchen Höhlen, und zwar gerade in solchen mit leicht zugänglichen Oeffnungen nach außen, finden sich aber Reste von einer so großen Menge von Thieren, daß die Leichen derselben nicht einmal alle hätten in der Höhle Platz finden können. Man hat aus der Gailenreuther z. B. Reste von 1000 großen Raubthieren und darunter von 800 Bären gezogen, und die Menge der in dem s. g. Kühloche, einer großen weiten offenen Höhle bei Rabenstein, gefundenen Thierreste war so groß, daß sie mindestens 2500 Bären voraussetzte, welche unmöglich durch eine Fluth hätten eingeschwemmt werden können. — Berühmt durch die Untersuchungen Buckland's (niedergelegt in den Philosoph. Transact. und einer besonderen Schrift, Reliquiae diluvianae, 1822) ist die Kirkdaler Höhle bei York, welche Erscheinungen darbot, die sich gar nicht anders erklären lassen, als daß eine lange Reihe von Jahren hindurch jene Höhle von Raubthieren, namentlich Hyänen, bewohnt wurde. Eben von diesen fand sich eine große Masse von Coprolithen in derselben und viele der dort vorgefundenen Knochen zeigten deutliche Eindrücke von dem gewaltigen Gebisse jener Raubthiere. Das Vorwiegen einer und zwar einer Raubthierspecies in den meisten Höhlen spricht ebenfalls dafür, daß durch diese jene Knochen zusammengehäuft worden sind, wenn gleich auch später durch die letzte große Fluth andere Thiere in jene Höhlen getrieben oder eingeschwemmt worden seien und ihre Knochen hinterlassen haben mögen. — In manchen der Höhlen hat man menschliche Gebeine und Gegenstände menschlicher Kunst gefunden; theilweise gemengt mit jenen thierischen Gebeinen. So in denen von Bize bei Narbonne, und in mehreren anderen französischen und deutschen Höhlen. Doch ist der Schluß noch nicht sicher, daß Menschen gleichzeitig mit jenen Thieren gelebt haben, indem die Knochen derselben auch später erst an diese Stellen gelangt sein können. Wir werden auf diesen Punkt unten wieder zurückkommen.

[7]) zu S. 582. Die Schneelinie schwankt nicht nur auf einem Breitegrade, sondern selbst in ein und demselben Gebirge, ja in diesem wieder in verschiedenen Jahren um mehrere 100, selbst 1000 Fuß. So ist sie z. B. an dem Aetna in einer Höhe von 2905 Meter, während sie auf der unter demselben Breitegrade liegenden Sierra Nevada in Spanien erst bei 3410 Meter angetroffen wird. Am Nordabhang des Himalaya ist sie bei 5067 Meter, dagegen auf dem Südabhange desselben Gebirges an Bergen von derselben geographischen Breite, wie nördlich abfallende, bei 3956 Meter schon erreicht. Die bedeutenden Schneemassen, welche sich an der Südseite niederschlagen, wo die Feuchtigkeit der vom indischen Ocean gen Norden strömenden Luft noch unvermindert ist, lassen auf dem nördlichen Abhange die Luft trockner ankommen, es fällt daher hier weniger Schnee nieder und er schmilzt leichter bis zu jener größeren Höhe. Dazu trägt noch das bei, daß im Norden des Himalaya ein bedeutendes wüstes und heißes Hochland liegt, durch das die Luft stark erwärmt wird, während nach Süden der Abfall viel bedeutender ist. In den Alpen findet sich die Schneegränze im Durchschnitte nach A. v. Humboldt bei 2708 Meter, nach Rendu bei 2920 Meter. Einzelne Berge in der Schweiz, die über 9000 Fuß hoch sind, haben die Schneelinie bei 7800 Fuß, während solche, die nur 8400 Fuß hoch sind, gar keinen ewigen Schnee zeigen u. s. f.

[8]) zu S. 582. Wir können hier nur ganz im Allgemeinen auf die Erscheinungen, welche die Gletscher darbieten, eingehen. Obwohl dieselben seit Saussure die Aufmerksamkeit der Naturforscher in ganz besonderer Weise auf sich gezogen haben, so sind doch noch nicht alle Erscheinungen auf eine vollkommen befriedigende Art und ohne auf Widersprüche zu stoßen, erklärt. Die Literatur über die Gletscher ist bereits so angewachsen, daß Agassiz, dem wir die gründlichsten und mit bewundernswürdiger Ausdauer und Opfern aller Art verbun-

denen Untersuchungen verdanken, in seinen Nouvelles études et expériences sur les glaciers actuels einen Katalog von nicht weniger als 12 Seiten aufführt, der nur Schriften über diesen Gegenstand enthält. Die folgenden Angaben sind größtentheils dem eben genannten Werke dieses Naturforschers entnommen.

[9]) zu S. 584. Gerade dieses Kapitel der Gletschertheorien, nämlich dasjenige von der Fortbewegung der Gletscher, ist das schwierigste, in welchem die meisten Widersprüche und Meinungsverschiedenheiten angetroffen werden. Man hat eine große Menge verschiedener Versuche, den Mechanismus der Bewegung des Gletschers zu erklären; keiner hat sich aber bis jetzt allgemeine Anerkennung zu verschaffen vermocht. Die früheren Beobachter, z. B. Saussure, nahmen an, daß die Gletschermasse, auf dem Grunde durch die Wärme des Erdbodens etwas schmelzend, von ihrer eigenen Schwere auf dem feuchten, schlüpferigen und geneigten Boden nach den Gesetzen der Schwere abwärts rutsche. Eine andere, früher schon von Scheuchzer ausgesprochene Theorie, glaubt Agassiz durch Beobachtungen und Experimente zur Gewißheit gemacht zu haben. Nach ihm rührt die Vorwärtsbewegung des Gletschers davon her, daß theils in die unendlich vielen kleinen netzförmig verzweigten Haarspalten, theils in die größeren den Gletscher durchdringenden Spalten das durch oberflächliche Schmelzung in Folge der Erwärmung durch die Sonne entstandene flüssige Wasser eindringe, hier wieder in der Nacht gefriere und dadurch die ganze Gletschermasse auseinandertreibe. Jedes in einem Gefäße gefrierende Wasser zersprengt dasselbe, wenn es nicht nachgiebig ist, und lehrt dadurch, daß Wasser in Eis sich verwandelnd einen größeren Raum einnehme. Da nun die Gletschermasse weder seitwärts noch rückwärts sich ausdehnen kann, indem die Berge eine feste, unbewegliche Mauer bilden, thalabwärts aber kein solches Hinderniß entgegensteht, so müsse sich die Gletschermasse, wenn das flüssige Wasser in ihren Spalten gefriere, nach unten hin ausdehnen; sie werde also thalabwärts geschoben. So entsprechend diese Theorie auch ist, so stehen derselben doch noch manche Bedenken physikalischer Natur entgegen, auch einige Thatsachen, welche besonders Hugi, einer der kühnsten Erforscher der Hochregionen der Alpen und Gegner dieser Theorie, bekannt gemacht hat. Wir wollen auf jene nicht eingehen, da sie uns zu weit führen würden, und uns mit der Thatsache begnügen, daß nach Hugi selbst im strengsten Winter, bei einer Kälte von 20° unter Null in jenen Regionen, wo also von einem Schmelzen des Eises keine Rede sein kann, dennoch einzelne Gletscher sich vorwärts bewegen. Wäre die Theorie Agassiz's daher richtig, wäre das den Gletscher durchziehende, in seinen Spalten gefrierende Wasser und die dabei erlittene Ausdehnung desselben die einzige Ursache des Vorwärtsbewegens der Gletscher, so müßten alle, ohne Ausnahme, bei so bedeutender Kälte, wo auf den Gletschern gewiß kein Wasser durch Thauen sich bildet, absolut still stehen. Da dieses aber nach Hugi nicht der Fall ist, so muß zum mindesten zugestanden werden, daß noch eine andere bewegende Kraft mit im Spiele sei.

[10]) zu S. 584. Eine eigentliche Politur der Felsen findet nur dann Statt, wenn das Gestein von der Art ist, daß es wirklich einer Politur fähig ist, wie z. B. Granit, außerdem erkennt man bloß eine Abrundung der scharfen Kanten und Ecken der Felsmassen. Namentlich an den Seitenwänden der Gletscher und an ihren Enden kann man diese Politur sehr genau erkennen, besonders wenn durch eine sehr starke Abschmelzung des Gletschers derselbe an den gleichsam seine Ufer bildenden Felswänden weniger hoch als gewöhnlich hinaufreicht und sich aus demselben Grunde auch weniger lang zeigt, scheinbar etwas thalaufwärts zurückgezogen hat. Nie sieht man von bloßem Wasser derartige Erscheinungen hervorgebracht und namentlich sind die feinen Ritzen, welche ganz unabhängig von der Beschaffenheit und der Structur des Gesteines sich zeigen, nur durch Gletscher erzeugt worden. — Wie groß die Masse des Sandes ist, welcher aus den zermalmten Felsen und Steinen entsteht und eben jene Streifung hervorruft, geht daraus hervor, daß in einem Kubikmeter des Wassers der Aar bei ihrem Austritte aus dem Gletscher 142 Gramme Sand enthalten sind, und in

24 Stunden 285374 Kilogramm, circa 1400 Centner Sand mit der Aar den Gletscher verlassen.

11) zu S. 585. Viele der Blockanhäufungen in der Schweiz zeigen nämlich eine wallartige Anordnung, gerade so, wie die Endmoränen der jetzigen Gletscher. In Beziehung auf die Felsarten, aus welchen sie bestehen, bemerkt man, daß sie nicht regellos alle durcheinander liegen, sondern daß die eines bestimmten Striches der Ebene von bestimmten Gebirgsstöcken im Hintergrunde der Thäler herstammen, welche sich in jene Ebene zunächst einmünden, oder von den Wänden dieser Thäler selbst. Geht man nun in diesen thalaufwärts, so bemerkt man immer mehr derartige Blockanhäufungen und zugleich sieht man an sehr vielen Stellen an den Felsen der Seitenwände des Thales die charakteristischen Spuren früher vorhandener Gletscher; sie zeigen sich nämlich oft in bedeutender Höhe über der jetzigen Thalsohle abgerundet, polirt und geritzt. Die Grenze dieser Erscheinungen nach oben bildet eine oft deutlich erkennbare Linie, oberhalb derer die scharfen Kanten und Vorsprünge der Felsen sich sehr wohl erhalten zeigen. Nicht gar selten bemerkt man auch auf einem (terassenförmigen) Vorsprunge der Gesteine unter und an jenen Grenzlinien, oft in der sonderbarsten Weise abgesetzt, Felsblöcke, welche von ganz anderen Gesteinen herrühren, als die sind, welche die Wände des Thales bilden, also nicht von oben herabgerollt sein können. Geht man aber noch weiter im Thal hinauf, so trifft man endlich ganz bestimmt das Gestein an, von welchem jene Blöcke herrühren. Durch das Wasser können dieselben unmöglich an ihren jetzigen Fundort gebracht worden sein, wohl aber durch Gletscher, von denen eben alle die erwähnten Erscheinungen darthun, daß sie früher viel weiter in den Thälern herabgestiegen seien und durch ihr allmähliches Zurückziehen jene Blöcke in denselben zurückgelassen haben.

12) zu S. 585. Was man unter mittlerer Jahrestemperatur verstehe, haben wir p. 48 erwähnt. Es ist aber einleuchtend, daß außerordentlich große Differenzen in Beziehung auf die Temperaturen der verschiedenen Jahreszeiten an zwei Orten Statt finden können und doch die mittlere Jahrestemperatur dieselbe ist, eben weil sie aus verschiedenen Summanden zusammengesetzt sein kann. + 20 und — 10 giebt ebenso gut + 10, als + 9 und + 1. Ein Ort mit sehr hoher Sommertemperatur und sehr niedriger Wintertemperatur kommt daher in der mittleren Jahrestemperatur einem Orte ganz gleich, der weder das Eine noch das Andere erkennen läßt. So ist z. B. die mittlere Jahrestemperatur des mittleren Theiles von Island genau dieselbe wie die von Kasan, nämlich + 2° C.; allein in Kasan ist die mittlere Sommerwärme + 18,1, die mittlere Winterkälte — 17,1, während in Island, z. B. in Reikiavik, die mittlere Winterkälte nur 3,0, dagegen auch die Sommerwärme nur 9,7 C. erreicht.

13) zu S. 586. Man hat in vielen Ländern, wo sie jetzt vollkommen fehlen, das frühere Vorhandensein von Gletschern durch diese Zeichen nachgewiesen, so in Schottland, in England und in ungeheuerer Ausdehnung in Nordamerika im Gebiete um die großen Seen herum, wo nach Agassiz (Lake superior, 1850) über 30 Grade hin Findlingsblöcke, polirte und geritzte Felsen angetroffen werden.

14) zu S. 586. Im Allgemeinen schließen sich die Tertiärgebilde viel mehr der jetzigen Schöpfungsperiode als den früheren an. Von den Pflanzen treten zum ersten Male die Dikotyledonen in großer und, wie gegenwärtig, in überwiegender Anzahl auf, größtentheils mit denselben Gattungen, aber anderen Arten, als in der jetzigen Periode; namentlich die Braunkohlenlager enthalten einen großen Reichthum an Dikotyledonen. Die früher so mächtig entwickelten Gymnospermen treten dagegen mehr zurück, namentlich die Cycadeen, während die Coniferen in den gemäßigten und nördlicheren Regionen sich noch in großer Anzahl erhalten. — Auch in der Thierwelt giebt sich die Annäherung an die jetzige Schöpfung deutlich zu erkennen. Für die Säugethiere ist dieses oben näher entwickelt, auch in den übrigen Ordnungen und Klassen macht sich dies bemerklich. Vögel treten jetzt erst in etwas größerer Anzahl auf, die übermäßige Entwicklung der Saurier ist mehr beschränkt und die übrigen, bisher noch feh-

lenden Ordnungen der Amphibien, die Batrachier und Ophidier (Frösche und Schlangen), sowie Landschildkröten, gesellen sich zu jenen. Die an manchen Localitäten, z. B. im Monte Bolca bei Verona, in großer Anzahl gefundenen Fische zeigen ebenfalls eine größere Annäherung an die jetzigen Formen. Placoiden und Ganoiden nehmen sehr ab und die vorhandenen gleichen mehr den jetzt noch lebenden; Ctenoiden und Cycloiden erscheinen in überwiegender Menge. Aus der Klasse der Gliederthiere treten Spinnen und Insecten und kurzschwänzige Krebse in größerer Anzahl auf. Auch die Mollusken zeigen in allen ihren Abtheilungen große Aehnlichkeit mit der jetzigen Schöpfung. Die Cephalopoden und Brachiopoden zeigen jetzt, wie zu der tertiären Periode, eine sehr geringe Entwicklung im Vergleich mit den früheren, die Ammoniten und Belemniten sind ganz verschwunden. Außerordentlich häufig sind dagegen Schnecken und Muscheln, von denen viele Species schon identisch mit jetzt lebenden sind. Die Rudisten, so zahlreich in der Kreideformation, sind ebenfalls ausgestorben. Von den Echinodermen sind die gestielten Crinoiden fast ganz verschwunden, dagegen die Echiniden in großer Anzahl entwickelt. Wie in der jetzigen Periode haben auch in der tertiären die Infusionsthierchen und die Foraminiferen eine sehr große Bedeutung und bilden stellenweise ungeheuere kalkige und kieselige Ablagerungen, die als Nummuliten und als Tripel, Polirschiefer, Bergmehl mehr oder weniger verbreitet sind. „Das unmittelbare und allmähliche Anschließen der damaligen Lebenswelt an die jetzige durch eine immer größere Anzahl ähnlicher und endlich identischer Sippen und Arten, die allgemeine Verbreitung der Säugethiere, Vögel, Batrachier und Knochenfische, das Auftreten der Süßwasserfische und Binnenconchylien, die große Anzahl der Polygastrica (Infusionsthierchen), das allgemeine Auftreten kronenblüthiger Pflanzen und besonders der Gamopetalen; dies sind die hauptsächlichen organischen Charaktere der tertiären Periode." (Bronn, Lethaea geogn.)

15) zu S. 586. Man hat die Säugethiere hauptsächlich nach dem Gebisse und der Bildung der Gliedmaßen in verschiedene Ordnungen gebracht.

1) Quadrumana, Vierhänder. Hände an Vorder- und Hintergliedmaßen; alle drei Arten von Zähnen (Schneide-, Eck- und Backenzähne).
2) Chiroptera, Flatterthiere. Alle drei Arten von Zähnen; Flughaut zwischen den Gliedmaßen und Fingern.
3) Carnivora, Fleischfresser. Alle drei Arten von Zähnen; Zehen mit Krallen.
4) Marsupialia, Beutelthiere. Gebiß verschieden; wie ein Beutel gestaltete Hautfalte am Bauche; zuweilen Hände an den Hinterbeinen.
5) Glires, Nager. Zwei Vorderzähne oben, zwei unten, keine Eckzähne; Pfoten.
6) Edentata, Zahnlose. Entweder die Vorderzähne fehlen oder alle Arten von Zähnen.
7) Pachydermata s. Multungula, Dickhäuter oder Vielhufer. Zehen mit Hufen, mehr als zwei; meist Vorderzähne in beiden Kinnladen.
8) Solidungula. Nur eine Zehe mit großem Huf; Vorderzähne in beiden Kinnladen.
9) Ruminantia s. Bisulca, Wiederkäuer oder Zweihufer. Zwei Zehen; keine Vorderzähne oben.
10) Pinnipedia, Flossenfüßer. Gliedmaßen verkürzt, mit Flossenfüßen.
11) Cetacea, Wale. Keine Hintergliedmaßen; Vorderglieder Flossen; Körper fischartig, mit einer Schwanzflosse am hintern Ende.

Die Bestimmung der Thiergattungen, auch wenn nur einzelne Knochen derselben aufgefunden werden, haben die fortgesetzten Untersuchungen der vergleichenden Anatomie zu einem bewunderungswürdigen Grade der Sicherheit gebracht. Cuvier hat namentlich in Beziehung auf die Säugethiere des Pariser Beckens in seiner Schrift: Sur les ossemens fossiles schon vor mehr als 30 Jahren die Grundsätze auseinandergesetzt, nach welchen eine solche Bestimmung möglich ist, und schon sehr oft sind seine Aussprüche über die Gestalt und die Classification eines Thieres, das er nur nach einzelnen Knochen bestimmt hatte, auf das überraschendste durch die später aufgefundenen anderen Knochen bestätigt,

nie als unrichtig dargestellt worden. Wir wollen hier einige Stellen aus der Einleitung zu dem Werke Cuvier's, in welchem er diese Grundsätze bespricht, nach der deutschen Uebersetzung Röggerath's mittheilen. „Glücklicherweise", fährt er nach Aufzählung der Schwierigkeiten, aus einzelnen Knochen ganze Thiere zu bestimmen, fort, „hatte die vergleichende Anatomie ein Gesetz, welches in seiner zweckmäßigen Ausführung und Anwendung alle Schwierigkeiten zu beseitigen vermochte. Es ist dieses das Gesetz von dem gegenseitigen Verhältnisse der Formen in den Lebensweseu, durch welches in der vollkommenen Anwendung jede Art dieser Geschöpfe ans jedem Fragment von einem seiner Theile erkannt werden kann. Jedes Lebenswesen bildet ein Ganzes, ein einziges und geschlossenes System, in welchem alle Theile gegenseitig einander entsprechen und zu derselben endlichen Action durch wechselseitige Gegenwirkung beitragen. Keiner dieser Theile kann sich verändern, ohne daß die übrigen auch verändert werden und folglich bezeichnet und giebt jeder Theil einzeln genommen alle übrigen." Cuvier zeigt nun dieses ausführlicher an einem Beispiele, der Ordnung der Carnivoren. Er weist nach, wie mit der inneren Organisation, nach welcher diesen Thieren eben Fleisch als Nahrung nothwendig sei, alle übrigen Theile zu diesem Behufe eine besondere Einrichtung und Form haben müssen, die Zähne, zum Zerfleischen und zur Zerkleinerung, die Klauen zum Ergreifen und zum Zerreißen, die Bewegungsorgane zur Erreichung seiner Beute, die Sinnesorgane zur Wahrnehmung in der Ferne u. s. f. Die Zähne bedingen eine besondere Form des Kiefers, die eigenthümliche Kauthätigkeit beim Fleischfressen eine besondere Form und Entwicklung der Kaumuskeln und diese wieder der Knochen, an welche sie sich ansetzen, namentlich auch eine besondere Form des Gelenkkopfes des Kiefers; um die Beute fortzutragen sind ebenfalls bestimmte Muskeln nöthig, die wieder eine bestimmte Form des Hinterkopfes und der Wirbel bedingten, zur Ergreifung der Beute sind wieder bewegliche Zehen nöthig, kräftige Muskeln für die Bewegung der Beine, diese erfordern wieder bestimmte Formen der Knochen der Extremitäten des Schulterblattes, der Beckenknochen u. s. f. „Kurz, die Form des Zahnes bringt die des Condylus (Gelenkkopfes) mit sich, diejenige des Schulterblattes die der Klauen, gerade so wie die Gleichung einer Kurve alle ihre Eigenschaften mit sich bringt; und sowie man, wenn man jede Eigenschaft derselben für sich zur Grundlage einer besondern Gleichung nähme, sowohl die erste Gleichung als alle ihre andern Eigenschaften wieder finden würde: ebenso bedingen die Klauen, das Schulterblatt, der Schenkelknochen und alle anderen Knochen, jeder für sich genommen, den Zahn und sich selbst gegenseitig; und bei gründlicher Kenntniß der Lebensöconomie könnte man, wenn eins der Glieder zum Anfange gegeben ist, das ganze Thier darstellen." — Dasselbe gilt auch dann, wenn wir selbst nicht im Stande sind einen Causalzusammenhang zwischen der Beschaffenheit verschiedener Organe aufzufinden, welche uns die Erfahrung als stets vorhanden nachweist, wie z. B., daß alle wiederkauenden Thiere und nur sie gespaltene Hufe haben ꝛc. „Wenn nun die Beobachtung dort als Hülfsmittel angenommen wird, wo uns die Theorie verläßt, so gelangt man zu einer erstaunenswerthen Erkenntniß des Einzelnen. Die kleinste Knochenfläche hat einen bestimmten Charakter in Bezug auf die Klasse, auf die Ordnung, die Gattung und Art, der sie angehört und dieser geht so weit, daß man mit der erforderlichen Geschicklichkeit und mit etwas gewandtem Zubülfekommen durch Analogie und wirkliche Vergleichung aus jedem wohlerhaltenen Endstück eines Knochens ebenso sicher alle übrigen Theile des Thieres bestimmen kann, als wenn man das Thier selbst besäße. Ich habe sehr oft", fährt Cuvier fort, „diese Methode an Theilen von bekannten Thieren versucht (indem er sich einzelne Knochen aus Skeletten von Freunden geben ließ und sie bestimmte), ehe ich mein ganzes Vertrauen für die Bestimmung der fossilen Thiere dareinsetzte; immer war aber der Erfolg so richtig, daß ich keinen Zweifel über die Gewißheit der durch sie erzielten Resultate haben kann."

# Zweiundzwanzigſtes Kapitel.

Nachweis einer fortſchreitenden Entwicklung in der Geſchichte der Erde. Entwicklung in den Verhältniſſen des Feſtlandes zum Meere, in der Atmoſphäre, dem Klima. Entwicklung des Pflanzen- und Thierreichs.

Wir haben in den vorhergehenden Kapiteln (XVIII. bis XX.) die Aufeinanderfolge und Ausbreitung der verſchiedenen Formationen, ſowie den jeweiligen Zuſtand der Organiſation während ihrer Bildung kennen gelernt und dadurch zugleich die Veränderungen, welche im Laufe der Zeiten die Oberfläche unſerer Erde erfahren hat. Im erſten Kapitel hatten wir auseinandergeſetzt, daß man, um von einer Geſchichte der Erde ſprechen zu können, auch einen beſtimmten Plan, eine zuſammenhängende Entwicklung in dieſen Veränderungen nachzuweiſen habe, als deren endliches letztes Reſultat der gegenwärtige Zuſtand der Erde angeſehen werden müſſe. Dieſen Plan, dieſen Fortſchritt und dieſen Zuſammenhang in der Entwicklung wollen wir noch im Folgenden kurz aufzeigen. Wir können dieſes in doppelter Weiſe:

1) an den phyſikaliſchen Verhältniſſen der Oberfläche unſeres Planeten ſelbſt, ohne Rückſicht auf die organiſchen Weſen, indem wir die Verhältniſſe ſeiner Oberfläche, die Vertheilung von Waſſer und Feſtland, die Geſtaltung und Gliederung des letzteren, die Wärmevertheilung und die Zuſammenſetzung der Atmoſphäre in den verſchiedenen Perioden und

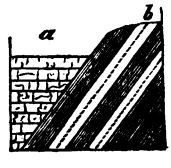
2) mit dieſer zugleich die Entwicklung des Pflanzen- und Thierreiches betrachten.

Gehen wir auf die früheſten Zeiten zurück, ſo finden wir die Erde als eine heiße geſchmolzene Kugel, die ebenſo wenig als jetzt die Oberfläche des Meeres Unebenheiten darbieten konnte. Ueber ihr befand ſich eine heiße Atmoſphäre, in der außer den jetzigen Beſtandtheilen derſelben ſämmtliches Waſſer als Dampf

und sämmtlicher später zur Bildung von kohlensauren Mineralien und zu Organismen (Steinkohlen) verwandte Kohlensäure vorhanden war.

Durch die bedeutende, allmählich eintretende Abkühlung bildete sich eine Erstarrungsrinde um die Erde, auf welche nach und nach das Wasser, sich verdichtend, herabströmte und die Kap. XVII. geschilderten chemischen und mechanischen Wirkungen ausübte. Ebenso begann aber auch in der p. 183 und 184 geschilderten Weise durch die Wechselwirkung des heißen Erdinnern in Berührung mit den durch Spalten eingedrungenen Wassern das Spiel der vulkanischen Kräfte, die Bildung von Festland vermittelnd. Wollen wir ganz im Allgemeinen den Fortschritt, die Entwicklung der Erdrinde bezeichnen, so können wir dies dadurch, daß wir sagen, die Erde ging aus einem überall vollkommen gleichartigen und indifferenten, gewissermaßen gestaltlosen ungegliederten Zustande in den einer immer mannichfacher werdenden Gliederung und immer gegensatzreicheren Gestaltung ihrer einzelnen Theile über. In den frühesten Zeiten finden wir nämlich keine Spur von Festland, erst nach und nach trat dasselbe in kleinen flachen Inseln über den Meeresspiegel hervor, bis es in Folge der fortgesetzten, oft mit Senkungen wechselnden Hebungen zu dem Umfange und zu der Gliederung gelangt ist, welche wir gegenwärtig an unseren Continenten wahrnehmen. Man hat viele Vermuthungen über die Gesetze aufgestellt, nach welchen die Configuration der Continente sich ausbildete, doch ist kein sicheres über die Gestaltung derselben ausfindig gemacht worden. Nur so viel steht fest, daß, so weit uns die Oberfläche der Erde bekannt ist, jenes oben angeführte Erfahrungsgesetz von den Verhältnissen der Landmassen sich gültig zeigt, daß die Menge desselben stets im Zunehmen begriffen war [1]).

Wir haben Kap. VIII. bei den Hebungserscheinungen erwähnt, daß wir ebenso wohl plötzliche als successive eintretende, lange andauernde Niveauveränderungen wahrnehmen können. Unter gewissen Umständen sind wir, namentlich für unsere Gebirge, im Stande, die Periode anzugeben, innerhalb welcher dieselbe erfolgte, wann dieselben über das Meer emportauchten wie dies schon p. 339 entwickelt wurde. Dort sagten wir, daß wenn a horizontal auf b liege, und b deutliche Beweise



der Aufrichtung erkennen lasse, diese jedenfalls vor der Ablagerung von a eingetreten sein müsse. E. de Beaumont hat, auf dieses Prinzip gestützt, eine sehr ausführliche Untersuchung über das relative Alter der verschiedenen Gebirgssysteme angestellt und darnach 13, neuerdings 15 verschiedene Hebungssysteme aufgestellt. Außer dem eben angegebenen Prinzipe, welches unbestreitbar richtig ist, hat der große französische Geologe jedoch noch ein anderes dazu angenommen, welches in der Allgemeinheit und Ausdehnung, wie er es voraussetzte, gewiß nicht richtig ist. Er ging nämlich so weit, anzunehmen, daß alle in gleichen Richtungen verlaufenden (gleiches Streichen zeigende) Gebirgssysteme auch gleichzeitig gehoben worden seien, was vielleicht für nahe beisammen liegende Gebirge, sei es nun, daß sie einander parallel laufen, oder innerhalb eines und desselben größten Kreises der Erdkugel liegen, angenommen werden kann; für solche aber, welche weit von einander, um den vierten oder halben Theil des Erdumfanges entfernt sind, eine durchaus ungerechtfertigte Annahme ist. Es würde hier zu weit führen, auf diese vielfach discutirte Theorie näher einzugehen, wir verweisen auf Anmerk. 2 zu diesem Kapitel, wo noch fernere Nachweise darüber enthalten und jene Hebungssysteme namentlich aufgeführt sind.

Im engsten Zusammenhange mit den Reliefverhältnissen des Bodens stehen aber die klimatischen Verhältnisse des Festlandes, und je nach der Vertheilung der festen Massen in großen zusammenhängenden Ländern und besonders nach dem Verhältnisse von Hoch- und Tiefland in einem Continente, dem mehr oder weniger tiefen Eingreifen des Meeres in die Landmassen, finden auf ein und demselben Breitengrade ganz erstaunliche Differenzen Statt, wie wir schon im vorigen Kapitel bei Betrachtung des Klimas in den letzten Tertiärzeiten nach einer Seite hin weiter auseinandergesetzt haben [3]).

Aber auch noch in einer anderen Hinsicht zeigt sich eine größere Mannichfaltigkeit in Beziehung des Materiales. Wir haben die Thätigkeit des Wassers und der Atmosphärilien als eine solche kennen gelernt, welche eine Sonderung der zusammengesetzten krystallinischen Gesteine vermittelt und die einzelnen Zersetzungsproducte, meist jedes in größeren Massen für sich, bald dahin bald dorthin vertheilt. Die ursprüngliche Erstarrungsrinde, welches Gestein

sie auch gebildet haben mag, zeigte jedenfalls um die ganze Erde herum eine große Gleichheit und Einförmigkeit der Zusammensetzung. Der Wirkung des Wassers verdanken wir es, daß aus diesen harten krystallinischen Massen nach und nach ein fruchtbarer Boden sich bildete, und ein Wechsel in den vorwiegenden Bestandtheilen desselben. Daß hier Lehmboden oder Sandboden, dort Kalk sich findet, auch dieses hat sich erst nach und nach zu einem Grade entwickelt, der die Mannichfaltigkeit unserer gegenwärtigen Vegetation größtentheils veranlaßt und vermittelt.

Berücksichtigen wir ferner noch die Zusammensetzung der Atmosphäre, so finden wir, daß auch sie erst nach und nach zu ihrer jetzigen Beschaffenheit gelangte, die es höher organisirten Landthieren allein möglich macht, in ihr zu leben. Die Menschen wie die Säugethiere können nämlich nur da athmen, wo das Verhältniß des Sauerstoffes von dem der gegenwärtigen Atmosphäre nicht viel abweicht und wo zugleich keine anderen, die Respiration störenden oder unmöglich machenden Gase vorhanden sind. Nimmt die Menge des Sauerstoffes zu, so geht der Lebensprozeß in einem viel höheren und allzuraschen Grade vor sich, die Menschen würden sich in kurzer Zeit verzehren; nimmt sie dagegen ab, so sinkt die Energie der Lebensthätigkeit immer tiefer herab. Früher, wie gegenwärtig noch, gehen Prozesse vor sich, welche der Atmosphäre Sauerstoff entziehen und binden, aber auch wieder Sauerstoff frei werden lassen. Zu den ersteren gehört namentlich die Kap. XVI. erwähnte Oxydation des in vielen Gesteinen, in Augiten, Hornblenden, Glimmer- und Feldspatharten enthaltenen Eisenoxyduls zu Eisenoxyd, wodurch bedeutende Mengen Sauerstoffs verzehrt werden; in letzterer Beziehung sind hauptsächlich die Pflanzen von Wichtigkeit, welche die atmosphärische Kohlensäure fixiren und bei ihrer allmählichen Umwandlung zu Steinkohlen den Sauerstoff dieser Kohlensäure wieder frei werden lassen. Wir haben namentlich für den ersteren Vorgang keine sicheren Anhaltspunkte, um die Menge des der Atmosphäre dadurch entzogenen Sauerstoffes mit dem durch die Steinkohlenbildung frei gewordenen zu vergleichen und können daher in Betreff des jetzigen und früheren Sauerstoffgehaltes der Atmosphäre keine bestimmten Resultate mittheilen. Wohl ist dieses aber in Betreff der Kohlensäure möglich. Wir haben nämlich p. 429 gesehen, daß in den früheren Perioden dieses Gas sich in

der Atmosphäre befunden habe, und erst nach und nach durch Umwandlung der kieselsauren Verbindungen der Mineralien in kohlensaure und ebenso durch die Vegetation, welche bedeutende Mengen derselben consumirt, von dem Ueberschusse derselben befreit worden sei. Nehmen wir nur auf die Bildung des kohlensauren Kalkes Rücksicht, so finden wir unter der Voraussetzung G. Bischof's, nach welcher sämmtlicher kohlensaure Kalk eine 1000 Fuß dicke Masse auf der Erde bilden würde, daß die Menge der in dieser Kalkmasse enthaltenen Kohlensäure dem Gewichte nach 34mal so viel wie sämmtliche Gasarten unserer jetzigen Atmosphäre betragen haben mußte [4]). Nun zeigen aber physiologische Experimente, daß schon bei einem Gehalte von 4% Kohlensäure die höher entwickelten Säugethiere nicht mehr andauernd athmen können und Erstickungszufälle bekommen. 4% Kohlensäure unsrer Atmosphäre wären aber 850mal weniger, als jene 1000 Fuß dicke Kalkschichte liefern würde [5]). Wäre also jene Annahme von der Menge des Kalkes selbst um das 100fache zu hoch gegriffen, so würde im Anfange unsere Atmosphäre doch noch für das Athembedürfniß warmblütiger landbewohnender Säugethiere unzureichend zusammengesetzt gewesen sein. Ganz anders verhält es sich in dieser Beziehung mit den niedriger organisirten Thieren und den Wasserbewohnern. Diese leben noch ganz gut in einer Atmosphäre, welche ein Säugethier tödten würde. Uebereinstimmend mit diesen durch die Betrachtung der chemischen Vorgänge in dem Laufe des Erdenlebens gefundenen Schlüssen sehen wir auch, daß in den ältesten Perioden von Wirbelthieren nur Fische und Amphibien auftreten, daß erst nach Entfernung der höheren Thieren schädlichen Kohlensäure durch die Ablagerung jener mächtigen Kalk- und Kohlenmassen Säugethiere in großer Anzahl erscheinen.

Wir haben schon beim Schlusse der einzelnen Perioden der Erdbildung und schon früher Kap. VIII. die Temperaturverhältnisse der Erdoberfläche besprochen und gefunden, daß im Anfange eine gleichmäßige Wärme über die ganze Erde verbreitet war, welche durch die aus dem heißen Inneren aufsteigende Hitze, die erwärmten Meere und das übermäßige Vorwiegen des Wassers über das Land vermittelt war. Daß das Versiechen dieser Wärmequelle durch die fortschreitende Abkühlung der Erde, durch das Dickerwerden ihrer Rinde ein ganz allmähliches war, haben wir eben-

falls schon als etwas Selbstverständliches mitgetheilt. Daß dadurch auch eine größere Mannichfaltigkeit in der Wärmevertheilung auf der Erde erreicht wurde, das bedarf wohl keiner weiteren Erwähnung, und ebenso, daß diese von dem Zeitpunkte an am größten werden mußte, von dem die Sonne zur einzigen Wärmequelle der Erdoberfläche wurde, was in unserer gegenwärtigen Periode der Fall ist.

Alle diese erwähnten physikalischen Verhältnisse, die Vertheilung von Land und Meer, das Relief des Bodens, seine chemische Constitution, die Zusammensetzung der Atmosphäre, die Temperaturverhältnisse sind aber von dem größten Einflusse für die ganze pflanzliche und thierische Organisation, ja die wesentlichsten Factoren für die Existenz und die Verbreitung derselben. Es läßt daher diese fortschreitende Veränderung in der anorganischen Natur schon im Voraus einen gleichen Fortschritt der organischen erschließen und diesen finden wir denn auch in der That bei der Betrachtung der Pflanzen- und Thierreste, welche uns aus den verschiedenen Perioden der Erdgeschichte aufbewahrt sind. Es ist dies ein Resultat, über das alle Forscher aller Richtungen vollkommen einverstanden sind, wenn man schon in dieser Beziehung zu weit gegangen ist und diese fortschreitende Entwicklung nicht nur auf alle Klassen und Ordnungen, sondern auch auf alle Familien und Gattungen ausdehnen wollte[6]). Es zeigt sich dieser Fortschritt in der Entwicklung ebenso gut im Pflanzen- wie im Thierreiche.

Betrachten wir zunächst das Pflanzenreich, so können wir in Beziehung auf dieses nur im Allgemeinen diese immer höher sich steigernde Entwicklung nachweisen, weil uns verhältnißmäßig nur wenig Formen desselben aus den früheren Perioden wohl erhalten sind. Vertheilen wir nämlich die aus den verschiedenen Perioden und Formationen bekannten Gewächse nach den vier Klassen des Pflanzenreiches (pag. 486 ff.), so sehen wir, daß in den ersten Zeiten bis zu der Steinkohlenformation nur solche aus der untersten Klasse, den Akotyledonen, und zwar innerhalb dieser wieder nur aus den einfachsten gefäßlosen Pflanzen, nämlich Fucusarten, existirten. In der Steinkohlenperiode treten neben diesen in besonderer Mächtigkeit die höher organisirten Ordnungen dieser untersten Klasse, die akotyledonen Gefäßpflanzen, zum Theil in riesigen Formen auf, und mit ihnen beginnen, wenn auch nur in schwachen

Ansätzen, die beiden nächsten höheren Klassen zu erscheinen, die Gymnospermen und die Monokotyledonen. Aber überall erscheinen dieselben Arten, in Spitzbergen wie in England, in Nordamerika wie in Südrußland und trotz des üppigen Wuchses der einzelnen Arten zeigt sich eine auffallende Armuth an Gattungen. Dieselbe Armuth und Gleichförmigkeit, wenn auch in vermindertem Grade, macht sich noch im Anfange der secundären Periode bemerklich und erst mit dem Schlußgliede derselben, mit der Kreide, beginnen sicher die dikotyledonen Gewächse, die schon in der Tertiärzeit die Oberhand bekommen und auch in der geringeren Verbreitung der einzelnen Arten eine größere Annäherung an die gegenwärtige reiche Entfaltung der Flora erkennen lassen.

Viel deutlicher zeigt sich aber diese fortschreitende Entwicklung in dem Thierreiche, von dem uns auch eine viel größere Menge von Formen erhalten ist, und ebenso erscheint hier der einheitliche Organisationsplan, der sich durch das ganze Thierreich aller Zeiten hindurch verfolgen läßt, auf das allerbestimmteste. Von Anfang an treten die vier großen Gruppen des Thierreiches, die Wirbelthiere, die Gliederthiere, die Weichthiere und die Strahlthiere, auf, und lassen eine immer höher schreitende Entwicklung wahrnehmen. Wie bei dem Pflanzenreiche bemerken wir jedoch auch hier, daß die niedrigeren Ordnungen und Formen schon frühe ihre Entwicklung, so weit sie deren fähig sind, durchgemacht haben und nun, auf derselben sich erhaltend, durch alle Formationen neben den später erschienenen, einer höheren Entwicklung fähigen, hindurchgehen oder sebst wieder abnehmen und aus der Reihe der lebenden Wesen schwinden. Dieses gilt zunächst für die Korallen, von denen einzelne Gattungen von den ältesten Zeiten bis in die jetzigen sich erhalten haben. Deutlicher giebt sich schon ein Fortschritt in der Entwicklung der Echinodermen zu erkennen. Während in den frühesten Formationen nur festgewachsene, keiner freien Ortsbewegung fähige gestielte Crinoiden auftreten, kommen später erst die einer freien Bewegung fähigen und auch ihrer ganzen Organisation nach höher stehenden Echiniden (Seeigel) zum Vorschein, und in demselben Grade als diese nach und nach an Zahl zunehmen, nehmen die Crinoiden ab, und zeigen sich gegenwärtig auf wenige spärlich auftretende Arten beschränkt. Auch die Ordnung der Crinoiden selbst läßt wieder eine höhere Entwicklung in höher

gelegenen, alſo ſpäter ausgebildeten Formationen erkennen, indem in den älteſten paläozoiſchen Gebilden Crinoiden ohne Arme auftreten und gerade in der Entwicklung dieſer beweglichen Organe bis zu dem ſchönen, Kap. XX. dargeſtellten Lilienencrinit des Muſchelkalkes eine immer größere Mannichfaltigkeit ſich bemerklich macht.

Betrachten wir die Klaſſe der Mollusken, ſo zeigen auch dieſe im Allgemeinen dieſelbe fortſchreitende Entwicklung an. Sehen wir zunächſt auf die beiden Abtheilungen derſelben, die kopfloſen — Brachiopoden und Conchiferen — und die mit einem deutlichen Kopfe verſehenen — die Cephalopoden und Gaſteropoden —, ſo finden wir, daß in den älteſten Formationen vorwiegend die kopfloſen entwickelt waren, und von dieſen wiederum die auf einer niedrigeren Stufe der Entwicklung ſtehenden Brachiopoden, welche nach und nach immer mehr abnehmen und gegenwärtig nur noch durch wenige Arten repräſentirt ſind. Sehen wir z. B. auf den Bau der Schale, ſo zeigen die beiden Ordnungen ebenfalls eine immer höhere Ausbildung und größere Mannichfaltigkeit in den Verzierungen derſelben und bei den Cephalopoden auch in der Anordnung ihrer Kammerſcheidewände. Erſteres zeigt ſich deutlich bei den Schnecken, von denen in den früheſten Zeiten nur ſolche angetroffen werden, die einen großen rundlichen ganzrandigen Mund, d. h. einen ohne Einbiegungen oder Verlängerungen erkennen laſſen, während nach und nach ſolche Formen immer häufiger werden, die einen ſchmalen, mehr ſpaltenartigen haben, deſſen Rand mit zierlichen Fortſätzen verſehen iſt, bis ſie in der Tertiärzeit, wie gegenwärtig, der Zahl nach die überwiegenden ſind. Auch die Cephalopoden laſſen in Beziehung auf den Bau ihrer Schale eine derartige Wahrnehmung machen. Vergleichen wir die Form der Scheidewände der einzelnen Kammern und die äußere Verzierung der Schalen der Clymenien, Goniatiten und Ammoniten, ſo ſehen wir von den einfachen glatten rundlichen Clymenien mit den kaum gebogenen Linien des Anſatzes der Kammern der Grauwackenformation an durch die Goniatiten bis zu den Ammoniten der Kreideformation eine immer reichere und mannichfaltigere Entwicklung dieſer Formen ſich geltend machen. Erſt in der Zeit der höchſten Entfaltung der gekammerten Cephalopoden mit der Juraformation beginnen die nackten, welche die Belemniten als ihre Reſte hinterlaſſen haben und laſſen in eigen-

thümlichen Formen der Tertiärzeit einen allmählichen Uebergang zu unseren Sepien erkennen.

Wir wollen nicht näher auf die Entwicklung der versteinert seltener vorkommenden Gliederthiere hier eingehen; auch sie lassen namentlich in der Ordnung der Crustaceen einen Fortschritt mit der Zeit deutlich erkennen. Die frühesten Repräsentanten sind die ausgestorbenen Trilobiten, welche den Phyllopoden am nächsten sind, die unter den Crustaceen auf der niedrigsten Stufe der Entwicklung stehen; erst in der secundären Periode erscheinen eigentliche Krebse, welche den höchsten Rang in dieser Ordnung einnehmen und unter diesen sind wieder die weniger vollkommenen langschwänzigen mehr zum Schwimmen bestimmten Krebse früher vorhanden, als die kurzschwänzigen, mehr zum Gehen und zum Aufenthalte auf dem Lande befähigten.

Auf das allerentschiedenste tritt aber dieser Fortschritt der Entwicklung in der zur höchsten Ausbildung überhaupt befähigten Abtheilung der Wirbelthiere auf, sowohl was das Erscheinen der einzelnen Klassen, als auch die Entwicklung der verschiedenen Ordnungen innerhalb jener betrifft. Nach den drei Hauptklassen, welche uns deutliche und zu solchen Untersuchungen hinreichend viele Reste hinterlassen haben, den Fischen, Amphibien und Säugethieren, hat man selbst die drei großen geologischen Perioden unterschieden, und die paläozoischen Gebilde als Reich der Fische, die secundären als Reich der Saurier, die tertiären im Anschluß an die jetzige als Reich der Säugethiere bezeichnet, welche Eintheilung dadurch nicht umgestoßen wird, daß man ein Paar Reste von Sauriern in der ersten und zwei Säugethierspuren in der zweiten Abtheilung gefunden hat. Will man aber auch auf dieses Verhältniß in der Erdgeschichte keine Rücksicht nehmen, so steht soviel fest, daß lange Zeit hindurch die Fische, welche die niedrigste Klasse der Wirbelthiere bilden, die einzigen Repräsentanten derselben bildeten, daß sich später erst die Amphibien zu diesen hinzugesellten und zuletzt die Säugethiere auftraten. Auch innerhalb der einzelnen Klassen selbst zeigt sich im Allgemeinen ein ähnlicher Fortschritt. Was zunächst die Fische betrifft, so sind von den sechs Abtheilungen, in welche sämmtliche Fische nach Müller zerfallen, wie erwähnt, nur drei in Resten vorhanden, die Ganoiden, Selachier und Teleostei. Die ältesten Fische hatten nur ein knorpeliges

Skelett, die ächten Knochenfiſche (Teleostei) erſcheinen erſt in der Kreideformation, wiewohl noch ſelten, und nehmen von da an immer mehr an Zahl zu. Ganoiden und Selachier erſcheinen in den früheſten Zeiten gleichzeitig, doch ſind die gepanzerten Ganoiden, zu denen die eigenthümlichen Cephelaspiden (pag. 523) gehören, anfangs in überwiegender Anzahl vorhanden und bilden die große Mehrzahl, etwa $^4/_5$, aller Fiſche. Anfangs haben ſie nur heterocerke Floſſen (pag. 523), erſt mit dem Kupferſchiefer erſcheinen Ganoiden mit homocerkem Schwanze, und nähern ſich allmählich immer mehr den wenigen noch jetzt lebenden Formen. Bis in die Steinkohlenformation haben die Ganoiden die niederſte Form des Rückgrates, nämlich nur eine knorpelige Rinne (chorda), an der hie und da Wirbelfortſätze ſich anheften, während von da an diejenigen Formen zunehmen, die ſchon geſonderte einzelne Wirbel erkennen laſſen. Gerade dieſe Abtheilung der Fiſche liefert einen deutlichen Beweis, wie ſehr das Verſtändniß der jetzigen Schöpfung durch das Studium der untergegangenen Formen gewinnt und wie die ganze Thierwelt durch alle Zeiten hindurch ein großes Ganze bildet. Schon lange hatte die Syſtematik der Fiſche an einigen wenigen Formen Anſtoß genommen, die weder zu der einen, noch zu der anderen Ordnung recht paſſen wollten, und deren geringen Zahl wegen man doch auch nicht eine neue Ordnung aufſtellen wollte [7]). Es ſind dieſes eben die jetzt lebenden Ganoiden, welche wir als die ſpärlichen Reſte jener früher ſo zahlreich entwickelten Ordnung anſehen müſſen und mit den ausgeſtorbenen wohl als eine nun den anderen auch an Zahl gleichkommende beſondere Ordnung aufſtellen können. Sämmtliche ausgeſtorbene Ganoiden ſcheinen nur ein knorpeliges Skelett beſeſſen zu haben, während unter den jetzt lebenden auch wahre knöcherne angetroffen werden.

Von den alten Selachiern, zu welchen unſere Haie und Rochen gehören, ſind, da ſie ebenfalls nur ein knorpeliges Skelett beſaßen, nur Floſſenſtacheln und Zähne erhalten. Namentlich nach dem Bau der letzteren kann man ſchließen, daß auch dieſe ſich immer mehr den jetzt lebenden Formen näherten.

Eine der eigenthümlichſten Klaſſen des Thierreiches bilden die Amphibien, welche ſo recht eigentlich eine Uebergangsklaſſe von den Fiſchen zu den Säugethieren darſtellen, ſo daß ihre Eintheilung noch manche Schwierigkeiten darbietet und ſelbſt Formen ge-

funden werden, welche von einzelnen Naturforschern zu den Fischen, von andern zu den Amphibien gestellt werden. Die Saurier erscheinen zuerst und zeigen eine außerordentlich mächtige Entwicklung, dann die Chelonier (Schildkröten), die Ophidier (Schlangen) und zuletzt erst, in den tertiären Gebilden, die Batrachier. Bei den höchst sonderbaren Formen, welche diese verschiedenen Ordnungen in sich vereinigen und der wechselnden Entwicklung derselben ist es ohne ein hier allzuweit führendes Eingehen in den anatomischen Bau der einzelnen Familien nicht möglich, näher auf die Entwicklung dieser Klasse einzugehen.

Von den Vögeln sind uns so wenig Spuren aufbewahrt, daß wir über diese Klasse des Thierreiches in Beziehung auf ihre Entwicklung zu den verschiedenen Perioden nichts Bestimmtes angeben können. Sehen wir von den Vogelfärthen im bunten Sandsteine von Massachussetts ab, so finden wir sichere Spuren derselben, d. h. Knochen, erst in den Kreideformationen. Die große Zartheit ihrer Gebeine mag das seltene Auffinden derselben erklärlich machen, außerdem ist es aber auch wahrscheinlich, daß diese Thiere, deren Respiration die intensivste, am meisten Sauerstoff erfordernde ist, in den frühesten Zeiten, wo noch mehr Kohlensäure in der Luft war, nicht existiren konnten.

Auch die Klasse der Säugethiere läßt im Allgemeinen eine fortschreitende Entwicklung erkennen. Die ersten Spuren, welche sich finden, gehören Beutelthieren an, einer Ordnung, welche durch den unvollkommenen Zustand der Jungen, wenn sie geboren werden, und durch die im Vergleich mit anderen Säugethieren äußerst mangelhafte Ausbildung des Gehirnes und Nervensystemes sich als die niedrigste Ordnung dieser Klasse zu erkennen geben. Wir haben am Schlusse des vorigen Kapitels schon näher entwickelt, wie die verschiedenen Säugethierordnungen und Gattungen in der Tertiärzeit einander folgten, es giebt sich dadurch deutlich zu erkennen, daß zum Anfange dieser Periode die unvollkommeneren Formen, wenn auch nicht ganz allein, doch in überwiegender Anzahl besonders aus der Ordnung der Pachydermen vorhanden waren, und die höheren Ordnungen, namentlich die Fleischfresser, in geringer Menge sich zeigten. Mit der Annäherung an die jetzige Periode treten diese unvollkommeneren Formen immer mehr zurück, die vollkommeneren bekommen die Oberhand und während

in den früheren Tertiärgebilden vorwiegend ausgestorbene Gattungen angetroffen werden, erscheinen in den späteren Zeiten dieser Periode aus allen Ordnungen dieselben Familien und Gattungen, wenn schon mit ganz anderen Arten (species) als die jetzt lebenden sind.

Wollen wir die Resultate aus dem, was wir bisher über die Geschichte der Erde mitgetheilt haben, kurz zusammenfassen, so können wir dasselbe in folgenden Sätzen:

1) Sowohl die anorganische, wie die organische Natur läßt ein allmähliches, nach einem Organisationsplane erfolgendes Fortschreiten, eine immer höher und mannichfacher sich steigernde Entwicklung und Gliederung des Erdkörpers, sowie der ihn bewohnenden lebenden Wesen erkennen.

2) Innerhalb dieser continuirlich fortschreitenden Entwicklung zeigen sich bestimmte Abschnitte, durch welche die Geschichte der Erde in einzelne Perioden — Formationen — zertheilt wird.

3) Jede solche Periode ist vor allen anderen ausgezeichnet durch eine nur ihr eigenthümliche Organisation des Thier- und Pflanzenreiches. Die bei weitem überwiegende Mehrzahl aller Thiere und aller Pflanzen einer jeden sind nur einer Formation angehörig.

4) Es finden jedoch keine allmählichen Uebergänge von den Thierformen einer Formation in die der anderen Statt, sondern die neuen Formen treten plötzlich und auf einmal auf, und zwar nicht einzeln neben anderen alten, sondern die gesammte Generation einer Periode zeigt sich und verschwindet mit einem Male [8]).

5) Je näher wir der jetzigen Periode des Erdlebens kommen, desto mannichfacher werden auch die physikalischen und klimatischen Verhältnisse, desto ähnlicher den jetzt herrschenden, und in demselben Verhältnisse nähert sich auch die organische Schöpfung in Beziehung auf die auftretenden Formen, auf ihre Vertheilung und Verbreitung, dem jetzigen Zustande der Dinge.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum zweiundzwanzigsten Kapitel.

1) zu S. 601. Man hat schon lange gewisse Gesetze aus den Umrissen der verschiedenen Continente für die Bildung derselben abzuleiten gesucht und aus diesen, welche nur Erfahrungsgesetze sind, auch den Grund derselben zu finden versucht. Es würde zu weit führen, hier auf diesen, der Geographie angehörenden, allerdings äußerst interessanten Gegenstand einzugehen, um so mehr, als sich bis jetzt noch keine allgemein sicheren Gesetze und noch weniger die Gründe für solche haben feststellen lassen. Schon Baco von Verulam hat darüber theoretische Betrachtungen angestellt, viel später haben G. Forster und Steffens in ausgedehnterem Maaße dieselben wiederholt. Eines der bekanntesten jener Gesetze ist z. B. das, daß alle Continente nach Süden sich zuspitzen und verengern, nach Norden breiter werden und daß sich dasselbe auch wieder auf die einzelnen Glieder und Theile der Continente anwenden läßt. Andere haben eine geringe Zahl größter Kreise der Erdkugel angenommen, in welche die Küsten der Continente fallen sollten (Pissis); Andere wieder bestimmte Richtungen als Normalrichtungen für dieselben aufgestellt, z. B. Dana zwei, eine von Nordost nach Südwest und die andere von Nordwest nach Südost streichend, innerhalb deren die Reaction des Innern gegen die Rinde hauptsächlich Statt fand u. s. f. Namentlich denjenigen Theorien, welche ausschließlich die Contourformen, die Umrisse berücksichtigen, macht man mit Recht den Vorwurf, daß diese allein ohne Berücksichtigung der ungleich wichtigeren Reliefverhältnisse durchaus nicht geeignet wären, daraus Gesetze zu folgern, indem eine ganz geringe Senkung schon hinreichen würde, die Umrisse mancher Länder total zu verändern. Beträfe dieselbe z. B. Europa, so würde Skandinavien eine Insel, das große norddeutsche und russische Tiefland wieder unter Wasser gesetzt und dadurch eine ganz andere Gestalt hervorgerufen. — Ebenso hat man aber auch oft zu einseitig die Richtung der großen Gebirgssysteme bei dergleichen Untersuchungen in's Auge gefaßt und aus diesen allgemeine Gesetze, nach welchen die Landbildung erfolgt sein sollte, abzuleiten gesucht. Viel fruchtbarer als diese gewiß noch verfrühten Versuche haben sich diejenigen Forschungen gezeigt, welche die gegebenen Reliefverhältnisse der verschiedenen Continente von wenigen einfachen Gesichtspunkten aufzufassen und zu schildern unternahmen, die mannichfache Gliederung derselben, deren Einfluß auf die klimatischen Verhältnisse im Zusammenhange mit der Geschichte und Entwicklung seiner Pflanzen- und Thierwelt verfolgten und so bestimmte Erfahrungsgesetze für die einzelnen Continente selbst auffanden. Diese waren es, welche Ritter anstellte und durch welche er die Geographie zu einer vorher nicht geahnten Höhe gebracht hat.

2) zu S. 602. E. de Beaumont glaubte, daß der plötzliche Wechsel der Organismen in den verschiedenen Formationen nur durch eine plötzliche gewaltsame Revolution erklärt werden könne und sah als solche die Emporhebung der Gebirgsketten an, die er als eine plötzlich eintretende annimmt, und die deshalb nach ihm, als eine äußerst gewaltige Reaction des Inneren der Erde gegen das Aeußere, gleichzeitig einen großen Theil derselben betroffen haben muß. Diese Wirkung mußte sich nach ihm in parallelen Spaltenbildungen äußern und deshalb sollen alle einen parallelen Verlauf zeigende Gebirgsketten gleichzeitig gehoben worden sein. Namentlich gegen diesen letzteren Theil seiner Theorie sind von vielen Seiten unabweisbare Widersprüche erhoben worden, und auch der erste Theil derselben, daß die Gebirgshebung auf einmal plötzlich geschehen sei, möchte wohl gegenwärtig von wenig Geognosten mehr angenommen werden. Gegen den Parallelismus der Gebirge in der Weise, wie ihn E. de Beaumont bestimmte, kann man zunächst das einwenden, daß derselbe in Wirklichkeit gar nicht Statt findet, d. h. daß Gebirge, welche weit von einander entfernt sind, gar nicht parallel sein können, wenn sie nach derselben Himmelsrichtung verlaufen, daß dieses nur dann der Fall ist, wenn sie auf ein und demselben Meridiane oder dem Aequator liegen. Davon kann sich jeder leicht überzeugen,

der einen Globus oder eine Kugel zur Hand hat; denn zwei Meridiane bilden ja stets mit einander einen um so größeren Winkel, je weiter sie von einander entfernt sind. Zwei Gebirge, die also beide zwischen dem Pol und dem Aequator auf verschiedenen Meridianen verlaufen, haben beide die gleiche Richtung von Nord nach Süd, sind einander aber nichts weniger als parallel. Dasselbe gilt auch für alle übrigen Richtungen unter denselben Umständen. — Folgendes sind nun die von E. de Beaumont angenommenen Richtungen, deren jeder er nach einem der oft vielen Gebirgssysteme, welche in derselben verlaufen, einen bestimmten Namen gegeben hat, und ihrer Altersfolge nach geordnet sind.

1) System des Hundsrücks: Richtung W. 25° S. — O. 25° N., gehoben nach der Urschieferformation vor der silurischen Formation.
2) System der Vogesen: Richtung W. 15° N. — O. 15° S., gehoben nach der silurischen und vor der Steinkohlenformation.
3) System von Nordengland: Richtung N. 5° W. — S. 5° O., gehoben nach der Steinkohlen- und vor der permischen Formation.
4) System des Hennegau: Richtung W. 5° N. — O. 5° S., gehoben nach oder während der permischen und vor der Buntsandstein-Formation.
5) System des Rheins: Richtung S. 21° W. — N. 21° O., gehoben nach der permischen und vor der Triasformation.
6) System des Thüringer Walds: Richtung W. 40° N. — O. 40° S., gehoben nach der Trias- und vor der Juraformation.
7) System der Côte d'Or: Richtung W. 40° S. — O. 40° N., gehoben nach der Jura- und vor der unteren Kreideformation.
8) System des Monte Viso: Richtung NNW. — SSO., gehoben nach der unteren und vor der oberen Kreide.
9) System der Pyrenäen: Richtung W. 18° N. — O. 18° S., gehoben nach der oberen Kreide und vor dem Pariser Grobkalk.
10) System von Korsika: Richtung N. — S., gehoben nach dem Grobkalke und vor der Molasse.
11) System der westlichen Alpen: Richtung N. 26° O. — S. 26° W., gehoben nach der Molasse- und vor der Subapenninen-Formation.
12) System der östlichen Alpen: Richtung W. 16° S. — O. 16° N., gehoben nach der Subapenninen- und vor der Diluvialformation.
13) System des Tänarus: Richtung N. 20° W. — S. 20° O., gehoben nach dem Diluvium.

Neuerdings hat E. de Beaumont noch ein älteres als das erste der angegebenen, das von Longmynd in England, aufgestellt, und das von St. Etienne. Fast jedes der erwähnten Systeme enthält mehrere Gebirgssysteme. Zum 7. gehört z. B. das sächsische Erzgebirge, die Sevennen, ein Theil des Jura; zum 8. der Kaukasus u. s. f. E. de Beaumont hat bei diesen Hebungen noch eine weitere Annahme gemacht, nämlich die, alle geneigten Schichten ohne Weiteres als gehobene anzusehen, was, wie wir p. 337 ausführlicher auseinandergesetzt haben, ebenfalls ganz unstatthaft ist. Es wird daher auch aus diesem Grunde seine Hebungstheorie in dieser Form eine sehr schwach begründete zu nennen sein. (Vergl. über dieselbe auch Naumann's Geognosie I. p. 407—413, wo auch die wichtigsten Schriften über dieselbe angegeben sind.)

3) zu S. 602. Welchen Einfluß diese Verhältnisse des Festen und Flüssigen nicht nur auf das Thier- und Pflanzenreich haben, sondern wie auch die Geschicke und die Geschichte der verschiedenen Völkerfamilien damit in einem eigenthümlichen Zusammenhange stehen, das haben die unübertrefflichen Arbeiten des größten Geographen, C. Ritter, in so klarer, überzeugender Weise dargethan, daß die Resultate seiner Forschungen in kurzer Zeit schon ein Gemeingut aller Gebildeten geworden sind.

4) zu S. 604. Nehmen wir das specifische Gewicht des Kalkes zu 2½ an, so ist eine Schichte von 1000 Fuß Kalk so schwer, als eine von 2500 Wasser. In 100 Theilen Kalk sind aber dem Gewichte nach 43,57 Theile Kohlensäure. Die Kohlensäure einer 1000 Fuß dicken Kalkschichte allein ist daher so schwer,

als eine Schichte von 435,7 Fuß kohlensauren Kalkes. Da dieser aber $2\frac{1}{2}$ mal so schwer als Wasser ist, so ist auch diese Kohlensäuremasse so schwer als eine Wasserschichte, die $2\frac{1}{2} \times 435{,}7$ Fuß, d. i. 1089 Fuß dick ist. Unsere ganze Atmosphäre ist aber jetzt so schwer als eine nur 32 Fuß dicke Wasserschichte, jene Kohlensäure also so schwer als $\frac{1089}{32}$, d. i. 34 Atmosphären.

5) zu S. 604. 4% sind $\frac{1}{25}$ der jetzigen Atmosphäre. Da aber jene Kohlensäuremenge nach der vorigen Anmerkung so schwer als 34 Atmosphären war, so betrug dieselbe $34 \times 25$, d. i. 850 mal mehr als jetzt.

6) zu S. 605. Ebenso wenig als die jetzige Thierwelt bildet die aus früheren Perioden eine Stufenleiter, welche nach einer geraden Linie fortschreitet, so daß der Vollkommenheit ihrer Organisation nach die Thiere sämmtlich in einer Reihe aufgestellt werden könnten, an deren einem Ende eines als das niedrigste, das andere als das höchste sich befände. Es ist nur dann möglich und nur dann richtig, von einem Fortschritte in der Entwicklung zu sprechen, wenn man die einzelnen großen Abtheilungen des Thierreichs, die einzelnen Gruppen desselben in das Auge faßt, die Organisation einer Periode als ein Ganzes vergleicht mit jeder nachfolgenden oder vorhergehenden. Nicht alle Ordnungen des Thierreiches gehen so durch die ganze Geschichte der Erde hindurch, daß sie alle bis zu der jetzigen Periode immer höher sich entwickeln, manche haben schon viel früher ihre höchste Entfaltung erreicht und sind ganz ausgestorben oder nur in armseligen Resten enthalten, aber an ihrer Stelle finden sich höher organisirte und eine höhere Entwicklung zeigende andere Klassen und Ordnungen ein, so daß der Fortschritt im Allgemeinen nicht geläugnet werden kann.

7) zu S. 609. Man hat früher die Fische in Knochen- und in Knorpelfische eingetheilt, aber eben die Ganoiden waren es, welche theilweise die Charaktere beider großer Abtheilungen in sich vereinigten. Müller hat nun in dem Baue des Herzens und der großen aus demselben kommenden Arterie Eigenthümlichkeiten aufgefunden, welche die verschiedenen Ordnungen der Fische scharf von einander scheiden, und namentlich auch die lebenden Ganoiden sehr bestimmt von den Knochenfischen trennen, zu denen man sie früher zu stellen geneigt war.

8) zu S. 611. Es soll damit nicht behauptet werden, daß jedesmal die ganze Schöpfung durch eine gewaltige Katastrophe vernichtet worden und eine ganz neue an ihre Stelle getreten sei. Dieselbe konnte wohl auch ganz allmählich in Folge der veränderten Lebensbedingungen aussterben und einer neuen, für diese geeigneten, Platz machen. Aber der Ansicht, welche sich wohl hie und da Geltung verschafft hat, soll damit vorgebeugt werden, als hätten sich durch allmähliche Umänderung lebender Thiere oder deren Nachkommen die höheren aus den niedrigeren im Laufe der Zeiten entwickelt, so daß die directen Nachkommen eines Fisches sich nach und nach in Säugethiere verwandelt hätten. Schon das plötzliche Auftreten neuer Formen ohne alle Zwischenglieder und Uebergangsformen allein läßt diese Annahme als eine ganz unstatthafte erscheinen.

# Dreiundzwanzigstes Kapitel.

Vergleichung der Resultate der bisherigen Kapitel mit dem mosaischen Schöpfungsberichte.

Wir haben in sämmtlichen voranstehenden Kapiteln eine Geschichte der irdischen und außerirdischen Schöpfung zu geben versucht, so weit dieses nach dem gegenwärtigen Maaße unseres Wissens auf rein naturhistorischem Wege möglich ist. Lebhafter als je hat sich in der neuesten Zeit der im ersten Kapitel erwähnte Streit zwischen Naturforschern und Theologen über einzelne Gegenstände aus dem Gebiete ersterer erhoben, um so wünschenswerther erscheint es, eine ruhige, unpartheiische Vergleichung und Nebeneinanderstellung der Resultate der Naturforschung mit dem biblischen Schöpfungsberichte anzustellen. Der unbefangene Leser wird sich dann leicht selbst ein Urtheil bilden können, ob und wie weit diese beiden auseinander weichen, und ob sie wirklich in einem unvereinbaren Widerspruch mit einander stehen.

Wir haben bisher in der nöthigen Ausdehnung die Acten, in welchen uns die Entwicklungsgeschichte der Erde als einer einheitlichen und nach einem Plane erfolgenden aufbewahrt ist, und, so weit es möglich ist, auch die der übrigen Schöpfung mitgetheilt. Sehen wir zunächst von der letzteren ab und versuchen einmal jene in wenig übersichtlichen Sätzen rein vom geologischen Standpunkte aus zusammenzufassen, so können wir dies in folgender Weise, von der jeder, der die früheren Kapitel gelesen hat, selbst urtheilen mag, ob sie richtig sei oder nicht?

1) Die Erde war anfangs eine geschmolzene heiße Kugel, über der eine dichte, sämmtliches Wasser enthaltende Atmosphäre sich befand; durch Abkühlung bildete sich eine feste Rinde, welche überall gleichmäßig von dem ebenso durch die Abkühlung condensirten Wasser bedeckt war.

2) Durch „die Reaction" des heißen Innern auf die eindringenden Waſſer wurden Ländermaſſen über das Alles bedeckende Urmeer emporgetrieben.

3) Was die organiſche Schöpfung betrifft, ſo begann dieſelbe mit dem Pflanzenreiche, dieſem folgte

4) das Thierreich und zwar zunächſt nur Waſſerthiere,

5) die Landthiere, beſonders die Säugethiere, und

6) der Menſch.

Vergleichen wir dieſe Ueberſicht mit dem Schöpfungsberichte der Bibel, ſo finden wir, daß in Beziehung auf die Erde und ihre Bewohner derſelbe ſo genau der chronologiſchen Ordnung nach mit dem eben angegebenen übereinſtimmt, als es nur erwartet werden kann. Man darf dann freilich nicht vorausſetzen, daß Moſes einen Auszug aus der Aſtronomie und der Geologie habe geben wollen, daß er vorgehabt habe, die einzelnen Fixſternſyſteme, unſer Planetenſyſteme oder gar die einzelnen Formationen der Erdgeſchichte nach einander in hiſtoriſcher Ordnung aufzuführen, ſondern muß annehmen, daß er in ganz anderer Abſicht, als naturgeſchichtliche Kenntniſſe zu verbreiten, eine Ueberſicht über die Entſtehung der ganzen ſichtbaren Schöpfung, jeden ihrer Theile als ein Ganzes auffaſſend, gegeben habe. Dann wird man auch finden, daß dabei allerdings die chronologiſche Ordnung ganz wohl eingehalten iſt, namentlich in Beziehung auf die irdiſche Schöpfung. So wie man nämlich dieſelbe, wie wir es in der eben gegebenen Ueberſicht gethan haben, als eine einheitliche von Anfang der Erde an bis jetzt, trotz aller Veränderungen zu verſchiedenen Zeiten, Ein Ganzes bildende anſieht, iſt es nicht möglich, eine andere Reihenfolge anzunehmen oder die Vorgänge anders zu ſchildern, als es in der Geneſis geſchieht. Es werden nämlich in derſelben geſondert die verſchiedenen Reiche, jedes für ſich betrachtet, ohne weiter auf die Wechſelfälle in der Geſchichte jedes derſelben Rückſicht zu nehmen, und ihr ſucceſſives Auftreten angegeben. Der chaotiſche Zuſtand, die Waſſerbedeckung, die Landbildung, nach dieſem das organiſche Reich, zunächſt das am früheſten erſcheinende Pflanzenreich, dann das anfangs nur durch niedere, im Waſſer lebende Thiere, endlich durch Landthiere repräſentirte Thierreich uud der zuletzt unter allen erſcheinende Menſch werden ſo in ihrer wahren Succeſſion aufgeführt und dieſe verſchiedenen Abſchnitte

der Entwicklungsgeschichte als „Tage" bezeichnet. Enthielte der mosaische Schöpfungsbericht nichts Anderes, so wäre es gar nicht möglich, irgendwie eine unlösbare Nichtübereinstimmung der beiden behaupten zu wollen. Die Schwierigkeiten, welche man aber nun wirklich für die Gleichstellung beider gefunden, noch häufiger aber selbst gemacht hat, liegen in dem, was noch außerdem über die übrige Schöpfung in der Genesis enthalten ist, und durch den Gebrauch des Wortes „Tag" für jedes Kapitel, jeden Abschnitt der Schöpfung.

Wir wollen diese beiderlei Schwierigkeiten etwas näher in's Auge fassen und zunächst mit der letzteren beginnen. Nimmt man an, daß im ersten Kapitel der Genesis ein Ueberblick über die Entstehungsgeschichte des ganzen Weltalls gegeben werden soll, wie es gegenwärtig von den meisten Exegeten angenommen wird und wie es schon die als erstes Tagewerk aufgeführte Entstehung des Lichtes nothwendig macht, so ist es unmöglich, den Ausdruck „Tag" als einen vierundzwanzigstündigen bürgerlichen Sonnentag bezeichnend zu nehmen. Die Astronomie sowohl wie die Geologie lehrt auf das Entschiedenste, daß die Anfänge der Erde und der Gestirne eine unendliche Reihe von Jahren über das Entstehen des Menschengeschlechts hinausgehen, daß zwischen jenen und der Erschaffung des Menschen viele Jahrtausende verflossen sein müssen, und alle Auskunftsmittel von Seiten einer starren Orthodoxie, dem gegenüber den Ausdruck „Tag" als einen vierundzwanzigstündigen zu erhalten, geben nur immer deutlicher zu erkennen, wie unhaltbar dieselben den Resultaten der Naturwissenschaften gegenüber seien [1]). Es entsteht nun natürlich die Frage, kann der Ausdruck „Tag" in der Genesis nicht auch in dem Sinne, wie wir ihn oben faßten, zur Bezeichnung eines Zeitabschnittes von ganz unbestimmter Dauer gebraucht sein? Das ist nun zunächst eine rein exegetische Untersuchung, die den Theologen überlassen werden muß. Wenn aber die Mehrzahl derselben ausspricht, daß sprachlich dieses ganz gut angehe, so ist diese Schwierigkeit dadurch leicht beseitigt. Kann mit diesem Ausdrucke eine ganz unbestimmte Zeitperiode bezeichnet werden, so kann man sie auch so annehmen, als die Resultate der Astronomie und Geologie es nur erheischen [2]).

Die zweite Schwierigkeit findet sich, oder glaubt man zu fin-

den in der Angabe über die, nicht die Erde betreffenden Schöpfungsvorgänge, die Angaben der Geneſis über das Licht, die Sonne und die Geſtirne. Man hat es abſurd finden wollen, daß das Licht vor der Sonne, die Pflanzen ohne die Sonne und die Erde älter denn dieſe in der Geneſis dargeſtellt werden. Es führen uns dieſe Bedenken darauf, die im obigen Reſumé nicht mit aufgenommene außerirdiſche Schöpfung zu beſprechen.

Wir haben ſchon im I. Kapitel bemerkt, daß wir, ſowie wir die Erde verlaſſen, auch den einzigen ſicheren und feſten Boden für naturhiſtoriſche Forſchungen über die Geſchichte des Geſchaffenen verlieren. Ueber die der außerirdiſchen Schöpfung können wir nur Hypotheſen mittheilen, die allerdings mehr oder weniger Wahrſcheinlichkeit haben, aber immer noch Hypotheſen, Theorien bleiben, keineswegs als unumſtößlich ſichere wiſſenſchaftliche Reſultate aufgeführt werden können. Gehen wir zunächſt auf die Theorie über die Entwickelung der Himmelskörper ein, ſo haben wir hier nur eine Hypotheſe, nämlich die von dem großen Herſchel für ſämmtliche Bildungen im Raume aufgeſtellte, von La Place für unſer Sonnenſyſtem näher ausgeführte und mechaniſch begründete, welche wir als die Nebeltheorie bezeichnen können, und im XII. und XIII. Kapitel näher auseinandergeſetzt haben. Verſuchen wir auch dieſe wieder in kurzen Worten überſichtlich zuſammenzufaſſen, ſo lautet ſie etwa alſo:

1) Die Materie ſämmtlicher Himmelsgebilde war früher als ein chaotiſches gasartiges Fluidum im nächtlichen Raume ausgebreitet.

2) Innerhalb dieſer chaotiſchen Maſſe begann eine Sonderung zu einzelnen Maſſen, die ſich den Geſetzen der Attraction nach zu Dunſtkugeln ballten.

3) Unſere Erde mit den übrigen Gliedern des Sonnenſyſtems bildete nach Beginn dieſer Sonderung eine ungeheuere Dunſtkugel, aus deren Aequatorialgegend ſich zuerſt die fernſten Planeten, dann die Erde und zuletzt die Sonnenkugel zu ihrem jetzigen Umfange ausbildeten.

Vergleichen wir dieſe Sätze wieder mit denen des Schöpfungsberichtes der Geneſis, ſo finden wir zunächſt, daß die für ſo abſurd verſchrieene Angabe Moſes, die Sonne in dem Zuſtande, in dem ſie jetzt ſich befindet, als fertiger, inviduell völlig abgegränzter

Körper sei jünger denn die Erde, als eine nothwendige Folge der La Place'schen Theorie sich ergiebt. Nehmen wir also diese an, — und, wie gesagt, eine andere existirt bis jetzt nicht — so stimmt sie, in Bezug auf die Reihenfolge der Entstehung von Erde und Sonne, mit dem mosaischen Berichte überein; nehmen wir sie nicht an, so haben wir von naturhistorischer Seite gar nichts, woraus wir über das relative Alter von Sonne und Erde etwas schließen können, wir können weder sagen letztere ist älter oder jünger, sondern müssen, wenn wir ehrlich sein wollen, gestehen, wir wissen es nicht. Das Letztere gilt namentlich auch in Beziehung auf den Mond [3]).

Es kommt hierbei nämlich noch ein Punkt in Betracht, der in diesem Falle, wie für sämmtliche Schöpfungsperioden und „Tagwerke" und deren Beurtheilung nicht übersehen werden darf. Es handelt sich nämlich hier wie dort nicht darum, wenn die Erdmasse, die Sonnenmasse, die Fixsternmasse u. s. f., die Materie, aus der sie bestehen, gebildet wurden, denn der Stoff für alle Bildungen, für Erde und Sonne so gut, als für Pflanzen und Thiere ist wohl gleichalterig, „im Anfang" gebildet, sondern nur das soll angegeben werden, wann in Folge der in diesem chaotischen Stoffe vorgehenden Entwicklungen die verschiedenen Theile desselben zu verschiedenen gesonderten Gebilden wurden als solche ihre individuelle, nicht mehr mit dem Stoffe anderer Himmelskörper verbundene Existenz zu führen anfingen, für sich allein eine abgegrenzte eigenthümliche Entwicklung begannen und fortsetzten. So wenig es nun irgend einem Astronomen einfällt oder eingefallen ist, die ganze ungeheuere Dunstkugel, aus welcher nach La Place unser ganzes Planetensystem sich entwickelte, auf dieser ihrer früheren Entwicklungsstufe Sonne zu nennen, ebenso wenig wird er anstehen, zuzugeben, daß nicht eher von der Sonne die Rede sein kann, als bis sich alle Planeten bereits von ihr losgelöst und nach diesen die noch übrige Masse jener Dunstkugel sich zu dem Sonnenkörper zusammengeballt und auf ihr jetziges Volumen zusammengezogen hatte. Nach Herschel hatten auch die Fixsterne einen ähnlichen Entwicklungsgang, wie unser Sonnensystem. Auch deren Individualisirung zu einzelnen concreten Lichtkörpern aus einer früheren gemeinschaftlichen Nebelmasse — die oberen Wasser des siebenten Verses der Genesis werden als diese von Vielen ange-

nommen — wird gleichzeitig mit der der Sonne in der Geneſis erwähnt. Auch hier wird kein Aſtronom Anſtand nehmen, einzugeſtehen, daß wir über das Altersverhältniß, die Reihenfolge der Ausbildung der einzelnen Fixſterne auch rein gar nichts wiſſen.

Wir haben Kapitel XIII. geſehen, daß unſere Sonne ein wahrer Fixſtern iſt, die Gleichzeitigkeit der vollendeten Individualiſirung der Sonne mit den übrigen Fixſternen hat daher durchaus nichts aſtronomiſch Anſtößiges, man kann von dieſer Seite weder ſagen: es war ſo, noch: es war nicht ſo, wohl aber: es konnte ſo ſein. Es laſſen ſich von Seiten der Aſtronomie weder Beweiſe für noch gegen dieſe Theorie — man geſtatte hier dieſen Ausdruck für den moſaiſchen Schöpfungsbericht — beibringen. Ihre Wirklichkeit läßt ſich nicht erhärten, aber auch ihre Unmöglichkeit nicht, und inſoferne kann die Möglichkeit zugeſtanden werden, keinesfalls aber von einem Widerſpruch zwiſchen Aſtronomie und Bibel in dieſer Frage die Rede ſein, denn die Aſtronomie ſpricht ſich ja nicht darüber aus. Für abſurd wird man alſo dieſe Angabe der Reihenfolge, nach dem bisher Geſagten, am allerwenigſten erklären können; aber iſt es nicht das wenigſtens, daß das Licht vor der Sonne und den Sternen vorhanden geweſen ſein ſoll?

Wir wollen auch auf dieſe Schwierigkeit etwas näher eingehen. Wenn man die Werke der beſten Phyſiker zu Rathe zieht, um ſich eine Antwort auf die Frage zu erholen, was denn eigentlich das Licht ſei und wie es entſtehe, ſo findet man dieſe Frage gar nicht berührt oder wenn ſie aufgeworfen iſt, das offene Geſtändniß: was das Licht iſt, wiſſen wir nicht, wir können nur ſeine Eigenſchaften erforſchen, und dieſe haben es uns als ſehr wahrſcheinlich erkennen laſſen, daß ein gewiſſes unendlich feines im Raume verbreitetes Fluidum, der ſ. g. Aether, durch die Körper, welche wir leuchtende nennen, in Wellenbewegungen verſetzt werde und daß wir dieſe Bewegung als Licht empfinden. Wie dieſes geſchehe, darüber wiſſen wir durchaus nichts. Das Weſen, die Grundurſache des Lichtes, iſt uns daher ganz unbekannt. Betrachten wir nun die Umſtände, unter welchen irdiſche Körper Licht geben, ſo finden wir hauptſächlich folgende Vorgänge mit Lichtentwicklung verbunden: 1) Eine ſehr hohe Temperatur macht nicht leuchtende Körper leuchtend; glühende Metalle, unverbrennbare Gegenſtände zwiſchen den Polen einer galvaniſchen Batterie

strahlen ein intensives Licht aus, ohne daß wir sonst eine Veränderung in ihren Eigenschaften dabei wahrnehmen; 2) eine sehr intensiv und rasch vor sich gehende chemische Verbindung zweier Stoffe zu einem, z. B. bei dem Verbrennungsprocesse, ist ebenfalls mit Lichterscheinung verbunden; 3) Freiwerden von Electricität giebt ebenfalls sehr helles blendendes Licht, wie jeder Blitzstrahl beweist. Dieses sind die bekanntesten und gewöhnlichsten Vorgänge von Lichtentwicklung auf der Erde, aber weder bei dem einen noch bei dem anderen können wir den Grund des Leuchtens angeben, wir wissen blos: es ist so, aber nicht, warum?

Wie verhält es sich nun mit dem Lichte der Sonne und der Fixsterngebilde, die selbst leuchtend sind, nicht erborgtes Licht spiegeln? Betrachten wir zunächst unsere Sonne. Hier wissen wir erstens durch die astronomischen Untersuchungen das, daß sie einen dunkeln Körper bildet, der von einer verhältnißmäßig sehr wenig dicken nicht leuchtenden Atmosphäre umgeben ist, auf welche wiederum eine zweite gasige Hülle folgt, die allein das Leuchtende der Sonne ist und daher den Namen Photosphäre erhalten hat und wahrscheinlich wieder von einer dritten, nicht leuchtenden Hülle umgeben ist. Das Licht der Sonne kommt also nicht aus dem festen Sonnenkörper, der selbst dunkel ist, sondern aus einer luftigen Hülle derselben, welche wie ein phosphorisches Gewölke in bedeutenden Höhen den Sonnenkörper umgiebt und ebenso diesen selbst, wie die Planeten erleuchtet. Dieses Resultat ist ebensowohl durch die astronomischen Untersuchungen der Sonne selbst von Herschel und Andern, als durch die scharfsinnigen physikalischen Experimente über die Natur des Sonnenlichtes von Arago festgestellt worden. Arago hat nämlich ganz unabhängig von teleskopischen Beobachtungen gezeigt, daß das Sonnenlicht weder von einem glühenden, noch von einem tropfbar flüssigen, sondern nur von einem gasartigen Körper herrühren könne [4]). Wodurch aber dieses Lichtgewölke der Sonne zum Leuchten gebracht werde, dafür auch nur eine Wahrscheinlichkeitsursache anzugeben, fehlen uns ebenfalls alle Anhaltspunkte.

In noch höherem Grade gilt dieses aber für das Licht der Fixsterne, über das wir nichts weiter wissen, als daß es eben ihnen eigenthümlich sei und von ihnen ausgehe. Die Beobachtung des Fixsternhimmels bietet uns jedoch noch mehr merkwürdige und

räthſelhafte Erſcheinungen in Beziehung auf das Licht. Sie zeigt uns, daß die Lichtentwicklung der Sterne nicht zu allen Zeiten gleich ſei, durch die ſ. g. veränderlichen Sterne (cfr. p. 290. Anm. 14), ſie zeigt uns, daß einzelne plötzlich zu einem unerhörten Grade der Helligkeit aufgelodert und ebenſo raſch wieder unſichtbar geworden ſeien (die neu erſchienenen Sterne, p. 290). Sie zeigt uns aber auch ferner, daß ſelbſt in unendlich fein vertheiltem und ausgedehntem Zuſtande nebelige Maſſen ſelbſtleuchtend ſein können, wie die Nebelflecke und Nebelſterne (Kap. XIII.).

Welcher Annahme wir auch über dieſe letzteren Gebilde folgen, der Herſchel's, daß dieſe unauflöslichen Nebel ihrer unendlichen Entfernung wegen ſich uns in einem früheren Entwicklungsſtadium zeigen, oder daß ſie auch jetzt noch als ein Lichtgewölke exiſtiren, das geben ſie uns wenigſtens deutlich zu erkennen, daß die Materie der Himmelskörper, auch wenn dieſelbe nicht zu einzelnen iſolirten Himmelskörpern ſich verdichtet hat, dennoch ſelbſtleuchtend ſein könne, mit andern Worten, daß die Lichtentwicklung nicht an das Vorhandenſein concreter feſter kugeliger Maſſen gebunden ſei; und weiter wird auch in der Geneſis nicht ausgeſagt, nur das, daß vor der Ausbildung des chaotiſchen Stoffes zu den Fixſternen, zu Sonnen, ſchon die Lichtentwicklung begann. Die aſtronomiſchen Thatſachen und Theorien ſtehen daher durchaus nicht im Widerſpruche mit dem moſaiſchen Berichte über die Entſtehung des Lichtes, im Gegentheil führt des größten Aſtronomen, der ſeit Kepler lebte, Herſchel's Theorie über die Entſtehung der Sterne genau zu derſelben Behauptung, auch er ſpricht es aus, die Materie leuchte, ehe ſie ſich zu iſolirten Himmelskörpern verdichtet und vertheilt habe.

Wollen wir aber den Skepticismus und die Strenge der Kritik in dieſer Beziehung noch mehr walten laſſen, wollten wir jene Theorie als eine Hypotheſe nicht gelten, nur eine Berufung auf ſichere Reſultate Statt finden laſſen, ſo müſſen wir eben einfach ſagen, über die Zeit der Entſtehung des Lichtes, des Leuchtendwerdens der Materie, wiſſen wir nichts, ebenſo wenig als wir den eigentlichen Grund dieſer wunderbaren Eigenſchaft gewiſſer Körper, das Weſen deſſelben kennen. In dieſem Falle kann aber ebenfalls von keinem Widerſpruche der Geneſis und der Naturwiſſenſchaft die Rede ſein, eben weil dann auch über dieſen Punkt die letztere nichts ausſagen kann.

Einen sehr großen Mangel an Logik verräth es aber, das lächerlich zu finden, daß die Pflanzen existirt hätten, ehe die Sonne als die Erde beleuchtender Körper vorhanden war, da die Vegetation derselben von dieser abhängig sei. Das ist wohl richtig für die Gegenwart, aber ein grober Fehlschluß für die früheren Zeiten. Nicht der Sonne bedürfen die Pflanzen, sondern nur der Wärme und des Lichtes, das jetzt freilich beides nur von der Sonne ihnen zukommt. Wir haben aber gesehen, daß Wärme in früheren Zeiten genug auf der Erde vorhanden war, welche ganz unabhängig von der Sonne sich zeigte, und da die Lichtentwicklung auch nicht an die Sonne gebunden war, so können die beiden nothwendigen Bedingungen der pflanzlichen Vegetation, Licht und Wärme, allerdings vor der Sonne vorhanden gewesen sein; die Möglichkeit läßt sich von Seite der Naturforschung durchaus nicht in Abrede stellen.

Noch eines Gegenstandes wollen wir hier Erwähnung thun, der uns zugleich ein deutliches Beispiel giebt, wie oft die Ausleger der Bibel eigentlich als Hineinleger sich gezeigt haben. Es ist dies das Verhältniß des Plutonismus zu dem Berichte der Genesis. Es ist nicht Jahrzehnte, sondern Jahrhunderte hindurch behauptet worden, der mosaische Schöpfungsbericht sei entschieden neptunistisch. Einer der neuesten Commentatoren der Genesis, Fr. Delitzsch, giebt bereits zu, daß man dies durchaus nicht apodictisch behaupten könne, nur soviel sei ausgesagt, daß die Erde früher ganz in Wasser gehüllt gewesen und daß aus dem Wasser erst später das Land erschienen sei. Alle früheren, diesem vorausgegangenen Zustände bezeichne die Genesis mit dem ganz unbestimmten Ausdrucke des Tohu wa-Bohu (wüste und leer). Da wir aber gesehen haben, wie gerade der Plutonismus dazu führt, daß die Erde früher ganz vom Meere bedeckt gewesen sei und erst später sich das Land über dasselbe erhoben habe, so ist nicht im mindesten abzusehen, in wie ferne man berechtigt sei, zu behaupten, daß die Genesis dem Plutonismus widerspreche. Auch hierzu mag vielleicht der so unglücklich gewählte Ausdruck „feuerig"=flüssig zur Bezeichnung des Urzustandes der Erde die Veranlassung gegeben haben. Von einem eigentlichen „Feuer" kann aber der plutonistischen Theorie nach gar keine Rede sein, es wird dieser Ausdruck hier nur gebraucht, um auszuzeigen, daß die Masse flüssig und glühend heiß

war, was, wie wir Kap. XIII. ſahen, eine nothwendige Folge des Ueberganges von dem gaſigen in den flüſſigen Zuſtand ſein muß [5]).

Sehen wir auf das bisher über die Widerſprüche des I. Kap. der Geneſis mit der Naturwiſſenſchaft Geſagte zurück, ſo geht daraus, wie ich glaube, wenigſtens ſo viel hervor, daß von unvereinbaren Widerſprüchen durchaus nicht die Rede ſein kann. Die bisherigen Reſultate der Naturwiſſenſchaften beſtätigen entweder geradezu die Ausſagen der Geneſis und dies gilt namentlich in Beziehung auf die Reihenfolge der hauptſächlichſten Perioden der Erdgeſchichte, oder — und dies findet ſeine Anwendung hauptſächlich auf die Ausſagen über die außerirdiſche Schöpfung — ſie können mit Sicherheit dieſelben weder beſtätigen, noch ihnen widerſprechen. Nimmt man aber hierin die Vieles für ſich habende Theorie des größten Aſtronomen und des größten Mathematikers der neueren Zeit, Herſchel's und La Place's, an, ſo läßt ſich auch dieſe ſehr wohl mit dem moſaiſchen Berichte in Uebereinſtimmung bringen. Es bleibt uns jetzt noch die naturhiſtoriſche Seite des Menſchengeſchlechtes und die neueſte Periode unſerer Erdgeſchichte zu beſprechen übrig, die wir für die nächſten Kapitel verſparen.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum dreiundzwanzigsten Kapitel.

1) zu S. 617. Es würde viel zu weit führen, die zahllosen Erklärungsversuche aufzuzählen, welche je nach dem wechselnden Stande der Naturwissenschaften und ebenso nach den verschiedenen Ansichten der Exegeten über das erste Kapitel der Genesis und seine Vereinbarung mit den Resultaten der Astronomie und Geologie gemacht worden sind. Die Erklärungen der Theologen auch in rein sprachlicher Beziehung sind noch außerordentlich mannichfaltig, sowohl im Allgemeinen über das ganze erste Kapitel der Genesis, als auch im Besonderen über einzelne Verse und Worte, und je nach der verschiedenen Ansicht der einzelnen Exegeten werden auch die Fragen an den Naturforscher ganz verschieden gestellt, und ganz andere Erklärungen hervorgerufen. Während einige Theologen das Sechstagewerk als die ganze Schöpfungsgeschichte umfassend darstellen, glauben andere, daß es nur die letzte Erneuerung der Erde, die Zurichtung derselben zum Empfange des Menschen, bedeute, daß die ganze frühere Erdgeschichte im 1. und 2. Vers von Kap. I. enthalten sei. Nach den einen (Kurtz) sind die sechs Tagewerke gleichsam sechs dem Moses vorgeführte, in umgekehrtem Sinne prophetisch geschaute Tableaux oder Schöpfungsgemälde; während andere sie als eine von Moses erst aufgezeichnete mündliche Ueberlieferung von den ersten Menschen her ansehen (Delitzsch) und auch hierin wieder verschiedene Ansichten über die Entstehung dieser Ueberlieferung obwalten. — Es ist nicht meine Absicht, auf dieses rein theologische Gebiet einzugehen, sondern nur, die allgemeiner behaupteten, wirklich oder scheinbar vorhandenen Widersprüche mit den naturwissenschaftlichen Resultaten in's Auge zu fassen und zu untersuchen, ob sie das Eine oder das Andere, behauptete oder wirkliche, sind, unter der Voraussetzung über die Genesis, die oben im Texte auseinandergesetzt wurde. Es ist daselbst auch angenommen, daß das Sechstagewerk die ganze Schöpfungsgeschichte enthalte, und daß die Entstehung des Lichtes am ersten Tage dafür spreche. Es ist mir in der That unbegreiflich, wie man annehmen kann, daß die ganze frühere Erdgeschichte, sämmtliche geologische Formationen umfassend, übergangen sei, und der Anfang des zweiten Verses nur den Zustand der Erde unmittelbar vor der jetzigen Epoche schildere, da doch eben das Licht, welches demnach erst am Anfange unserer jetzigen Periode entstanden sein soll, nachweisbar während aller früheren Perioden der Erdgeschichte bereits vorhanden war, wofür sämmtliche Pflanzen und Thiere, die ohne dasselbe nicht existiren können, den deutlichsten Beweis liefern. — Man hörte früher noch viel öfter, als jetzt, gegen alle derartigen Einreden der Naturwissenschaften von Theologen nur zu leicht die Erwiederung: Das möge Alles wohl wahr sein, was die Naturforscher beobachtet hätten, aber ihre Schlüsse daraus seien falsch, denn die Allmacht Gottes hätte ja Alles so machen können in sechs Tagen, wie es jetzt sei, die vielen Gebirgsschichten aufeinander mit den in ihnen eingeschlossenen Pflanzen- und Thierresten, und wenn es uns auch so vorkomme, als seien diese nach und nach entstanden, so sei dies eben nur ein Schein, und kein Beweis von Seiten der Naturforscher beizubringen, daß es wirklich allmählich so geworden sei. Derselbe Ausweg wird auch noch bei vielen anderen, einer naturhistorischen Untersuchung unterworfenen Gegenständen der Genesis betreten. — Ueber eine solche Anschauung hier oder überhaupt zu streiten, wäre vergebliche Mühe. Wir wollen nur denen, die sie theilen, noch einmal zu bedenken geben, was sie thun. Es heißt das nichts Anderes, als einen Gott annehmen, der dem auf einmal, in der kürzesten Frist, durch ihn Gewordenen den Schein des allmählichen Werdens, dem ohne Entwicklung Gemachten den Schein der langsamen Entwicklung so täuschend verliehen hat, daß jede Forschung, jeder Tag von Jahrhundert zu Jahrhundert diesen Schein immer wahrscheinlicher, die Zahl der Beweise für seine Wahrheit immer größer macht. Ein solcher Gott wäre nicht ein Gott der Wahrheit. Eine solche Anschauung nimmt der gesammten Naturwissenschaft mit einem Male den ganzen Boden unter den Füßen weg. Newton, Copernicus

und Kepler, alle Astronomen und alle Naturforscher sind nach ihr Narren, denn sie mühen sich ihr ganzes Leben hindurch ab, in der Meinung, Wahrheit zu finden, und was sie finden, sei doch nur Schein. — Wäre diese Anschauungsweise durch irgend etwas gerechtfertigt, zwänge die Bibel zu einer solchen, dann freilich wäre ein unvereinbarer Widerspruch zwischen der Theologie und der Naturwissenschaft, eine Verständigung undenkbar, die beiden Wissenschaften müßten einen Kampf auf Leben und Tod mit einander führen. Dem ist aber nicht so, die meisten Theologen haben sich von dieser Anschauungsweise losgesagt und eben deswegen ist die Möglichkeit einer Verständigung, die allerdings größtentheils von der Nachgiebigkeit der Theologen abhängt, nicht abzusprechen. Denn ihnen allein muß es überlassen bleiben, zu bestimmen, wie den Resultaten der Naturforschung gegenüber die Exegese sich zu gestalten und zu verhalten habe. Darin muß der Naturforscher ihnen vollkommen freie Hand lassen. Zu bestimmen, worauf es der Bibel bei Besprechung natürlicher Dinge allein ankommt, was für ihren Zweck Hauptsache, was Nebensache sei, wie weit die auf unvollkommener Kenntniß derselben beruhende Anschauung jener Zeiten sich in jenem Berichte geltend gemacht habe, das ist eine Aufgabe der Theologen, von deren Lösung größtentheils auch die Lösung der zwischen Naturforschern und Theologen obwaltenden Differenzen abhängt.

[2]) zu S. 617. Auch hier begnügen wir uns einfach mit der Angabe, daß viele ausgezeichnete Exegeten, von denen ich hier nur Fr. Delitzsch nenne, zugeben, daß das Wort Tag, welches in der Genesis gebraucht ist, hier sehr wohl einen ganz unbestimmten Zeitraum bezeichnen könne; daß dies der Fall sei, geht ja auch schon daraus hervor, daß das Wort Tag gebraucht wird, ehe die Sonne, nach welcher wir jetzt unsere Tageseintheilung richten, vorhanden war.

[3]) zu S. 619. Nach der Theorie von La Place bildeten sich die Planeten und ihre Monde aus einer Ringmasse, die je nach ihrer verschiedenen Beschaffenheit in verschiedene Stücke sich theilte, aus denen sich kugelige Massen ballten; es kann aber auch eine Ringmasse sich wieder um den Hauptkörper gebildet haben, ähnlich den Ringmassen um den Saturn und aus diesen möglicherweise später wieder Monde. Welche Art der Entstehung unser Mond hatte, wissen wir nicht; daß er nicht später als die Erde zu der Kugel geworden sei, als welche er uns jetzt erscheint, kann die Naturforschung nicht behaupten.

[4]) zu S. 621. Es würde zu weit führen, hier näher auf eine Schilderung der Constitution der Sonne einzugehen. Wir verweisen den Leser auf A. v. Humboldt's Kosmos III. p. 381—389. Die Resultate Arago's gründen sich auf die Untersuchungen des Lichtes fester, flüssiger oder gasförmiger Körper mittelst eines eigenthümlichen Polarisationsapparates (s. p. 290, Anm. 13), des chromatischen Polariscopes, in welchem sich die aus diesen drei verschiedenen Lichtquellen kommenden Lichtstrahlen ganz verschieden verhalten. Die Lichtstrahlen der Sonne verhalten sich nun in diesem Apparate gerade so, wie die eines gasigen leuchtenden Körpers, woraus Arago eben den im Texte angezogenen Schluß zog, welcher die schon früher durch telescopische Untersuchungen der Sonne gewonnenen Resultate auf eine so glänzende Weise physikalisch bestätigte. Auch hierüber findet man nähere Angaben im Kosmos III. p. 394 ꝛc.

[5]) zu S. 624. Man könnte nur dann behaupten, der Plutonismus widerspreche der biblischen Anschauung, wenn irgendwo in derselben mit klaren Worten stünde, die Erdmasse sei in Wasser aufgelöst oder von Wasser durchdrungen gewesen. Eine solche Stelle wird man wohl nicht angeben können. Denn daß die Erde, d. h. das Land, aus dem Wasser heraus und durch des Wassers Bearbeitung bewohnbar wurde, ist ja eben eine Folgerung, zu der gerade der Plutonismus führt.

# Vierundzwanzigſtes Kapitel.

Die Abſtammung der Menſchheit von einem Paare. Gehören die Menſchen zu einer Species? Racenverſchiedenheiten. Dieſelben widerſtreiten nicht der Einheit des Menſchengeſchlechtes. Von naturhiſtoriſcher Seite laſſen ſich durchaus keine begründeten Einwände gegen dieſelbe erheben.

Nach der Darſtellung der Geneſis ſtammt die geſammte die Erde zu allen Zeiten bewohnende Menſchheit von einem einzigen Paare ab. Ueberblicken wir aber die gegenwärtige Bevölkerung in den verſchiedenen Erdtheilen, ſo ſehen wir an den verſchiedenen Völkerſtämmen merkliche Abweichungen in ihrem Aeußeren, ſowohl der Farbe der Haut, als der Beſchaffenheit der Haare und der Form des Schädels nach, welche ſämmtlichen Einwohnern beſtimmter Länder gleichmäßig und von Geburt an zukommen, und ſie von den Völkerſtämmen anderer Gegenden leicht unterſcheiden laſſen.

Die Frage liegt nun ſehr nahe: Können ſich dieſe Abweichungen der einzelnen Völker von einander im Laufe der Zeiten erſt gebildet haben, ſind ſie Folge ſpäterer äußerer und innerer Einflüſſe, welche in verſchiedener Weiſe die Völker in ihren verſchiedenen Wohnſitzen betrafen, oder zwingen ſie uns dazu, eine urſprüngliche Verſchiedenheit der Stammältern der einzelnen Völkergruppen, alſo mehrere oder viele Menſchenpaare anzunehmen? Drücken wir dieſe Frage ſo aus, wie ſie an den Naturforſcher zunächſt allein geſtellt werden kann, ſo heißt ſie: gehören alle Menſchen ein und derſelben Art (species) an, oder bilden ſie verſchiedene Arten? Hier iſt nun zunächſt der Begriff „Art“ (species) feſtzuſtellen. Sämmtliche einzelne Individuen aus dem Thier- oder Pflanzenreiche, welche in gewiſſen weſentlichen, von einer Generation auf die andere ſich fortpflanzenden Merkmalen übereinſtimmen, rechnet man zu einer Art. Dieſe weſentlichen Merkmale zeigen ſich ebenſowohl im äußeren und inneren Baue, als in der Gleichheit

der Functionen und Lebenserscheinungen. Daß selbst von einem und demselben Paare abstammende Individuen einer Art doch innerhalb gewisser Grenzen von einander abweichen, das sehen wir alle Tage, selbst in ein und derselben Familie. Wie verschieden zeigen sich nicht oft Geschwister! Wir bemerken also innerhalb einer jeden Art bei den einzelnen Individuen gewisse Abweichungen von dem allgemeinen Typus, und nur diejenigen Merkmale dürfen wir daher als wesentliche einer Art aufführen, welche bei allen zu derselben gehörigen Individuen angetroffen werden. Jene Abweichungen von dem abstracten Begriffe „Art" werden bei vielen Individuen ebenfalls erblich, und eine Reihe solcher in diesen Abweichungen wieder übereinstimmender Individuen nennt man eine Abart, eine Varietät der Species.

Unsere obige Frage kann also so gefaßt werden: Sind die verschiedenen Völkerstämme nur Varietäten Einer Species oder verschiedene Species? Man sieht hier wohl ein, daß wenn man nicht ein Mittel an der Hand hat, scharf und bestimmt die Grenze zwischen Varietät und Species zu ziehen, auf naturhistorischem Wege für das Menschengeschlecht die Frage nicht erledigt werden kann, sondern nur auf historischem oder auf dem späterer Erfahrungen. Nun ist aber allerdings ein solches Mittel gegeben, wenn wir gewisse Schlüsse, zu denen Beobachtungen des höheren Thierreiches führen, auch für den Menschen gelten lassen wollen. Es beruht nämlich auf der Erfahrung, daß nur Individuen einer Art die Fähigkeit der Fortpflanzung unter sich auch auf ihre Nachkommen übertragen. Es kommt wohl vor, daß hie und da nahe verwandte, d. h. in ihren wesentlichen Eigenschaften große Aehnlichkeit, wenn schon keine Gleichheit zeigende Arten, die zusammen eine Gattung (genus) bilden, wie z. B. Pferd und Esel, Junge mit einander bekommen, aber diese Jungen sind nicht im Stande, ihre Mischlingsrace rein unter sich fortzupflanzen, in der Regel sind sie selbst mit Individuen der reinen älterlichen Race unfruchtbar [1]). Dagegen sind alle Varietäten im Stande, sowohl unter sich als mit anderen Varietäten ihrer Art Nachkommen zu erzielen, welche wiederum unbedingt unter sich oder mit Individuen der Stammvarietät (Stammrace) fruchtbar sind. Da nun auf das allerentschiedenste fest steht, daß alle Menschenracen, unter einander sich mischend, Nachkommen erhalten, welche sich selbst unter

einander unbedingt fortpflanzen können, so geht daraus mit Nothwendigkeit hervor, daß auch die sämmtlichen Menschenracen nur Varietäten einer Species seien, wenn man nämlich den Schluß von den Beobachtungen bei den Säugethieren auf die Menschen anwendbar findet. Diese Uebertragung nicht zulässig zu finden, ist gar kein Grund vorhanden, und es folgt daraus also die Möglichkeit, daß sämmtliche Menschen, als zu einer Species gehörend, auch von einem Paare abstammen können.

Diesem auf einfache Thatsachen gegründeten Schluß stehen auch durchaus nicht so große Schwierigkeiten entgegen, wie man sie in der Verschiedenheit der einzelnen Menschenracen hat finden wollen. Vor Allem muß hier bemerkt werden, daß diese sämmtlichen Verschiedenheiten nur äußerliche sind. Der innere Bau der Organe, die mittlere Lebensdauer, der Eintritt der Reife, die Dauer der Schwangerschaft, die Körperwärme, die Pulsfrequenz u. s. f. das Alles zeigt sich in einer solchen vollkommenen Uebereinstimmung bei allen Racen, wie es im Thierreiche bei wirklich differenten Species nicht vorkommt. Daß das Klima und die Lebensweise auf einzelne der erwähnten Verhältnisse, z. B. den früheren Eintritt der Reife in wärmeren Klimaten, modificirend einwirkt, braucht wohl nicht erwähnt zu werden; dieselben Modificationen erleiden aber unter denselben Umständen die Individuen sämmtlicher Racen, die Modificationen selbst sind nur von den äußeren Einflüssen, nicht von der Race abhängig.

Was nun die äußeren, die Formverschiedenheiten der Völkerstämme betrifft, so zeigen sich dieselben hauptsächlich in den Haaren, der Farbe der Haut und in der Form den Schädels. Nach den Verschiedenheiten in diesen Theilen hat man die gesammte Menschheit in verschiedenen Racen eingetheilt. Gehen wir etwas näher auf diese Eintheilungen ein, so bemerken wir sogleich, daß dieselben alle etwas sehr Unsicheres und Unbestimmtes haben, indem von denjenigen Naturforschern, welche sich näher mit der Untersuchung derselben abgegeben haben, auch nicht Einer zu derselben Classification gekommen ist, wie der andere, zum deutlichen Beweise, daß alle Recht oder auch keiner ganz Recht hat, d. h. daß in Wahrheit und natürlich wohl begründete, scharf gesonderte Abtheilungen, Racen, nicht existiren. Cuvier nahm 3 Klassen an, Blumenbach 5, Lesson 6, Fischer 7, Bory 15 u. s. f. Und

ebenſo wie in der Zahl variiren die verſchiedenen Autoren in der Wahl des Eintheilungsprincipes, in der Abgrenzung und in der Unterabtheilung derſelben. Wir vermiſſen eben mit einem Worte die ſpecifiſchen Merkmale, durch welche ſich einzelne Racen als verſchiedene Species von einer ſcheiden ließen. Wir werden dies erklärlich finden, wenn wir näher auf die einzelnen, zur Eintheilung angenommenen Gründe eingehen:

1) Die Haare. Wollte man dieſe allein zur Unterſcheidung der Racen wählen, ſo würde man eine ſehr ſonderbare Eintheilung erhalten, denn wenn auch einzelne Stämme in der Regel Haare von einer beſtimmten Färbung und von beſtimmter Form haben, ſo findet man doch auch, daß dieſes Kennzeichen das allerunzuverläſſigſte, den meiſten Veränderungen unterworfene iſt. Wer in einem mit Menſchen erfüllten Saale oder in irgend einer zahlreichen Verſammlung iſt, wird ſich leicht davon überzeugen und bei uns ſämmtliche Haarſorten der geſammten Menſchheit, ſchlichte und krauſe, blonde und ſchwarze auf den verſchiedenen Häuptern unſerer germaniſchen Bevölkerung antreffen. Wer würde die Deutſchen jetzt als „blondlockig" bezeichnen wollen, wie ſie es zu der Römer Zeiten der Mehrzahl nach waren? Ebenſo trifft man unter den in der Regel kraushaarigen Negern ſehr ſchöne ſchlichte Haare an. Daſſelbe gilt auch von den übrigen Racen. Ein ſpecifiſches Kennzeichen einer Race findet man in den Haaren nicht. In einem gewiſſen Zuſammenhange mit der Färbung der Haare ſteht auch

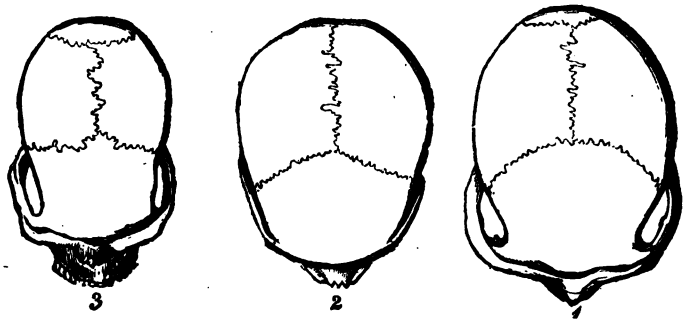
2) die Hautfarbe. Im Allgemeinen bemerkt man nämlich immer, daß dunkles Haar mit einer dunkleren Färbung der Haut verbunden ſei, auch bei denjenigen Racen, die in der Regel eine helle Hautfarbe haben. Beſonders Blumenbach nahm bei ſeiner Raceneintheilung auf die Hautfarbe Rückſicht, und ſeine 5 Racen werden daher auch häufig als weiße, gelbe, rothe, braune und ſchwarze bezeichnet. In keiner anderen Beziehung zeigt ſich aber ein ſo ganz allmählicher Uebergang von einer Race in die andere, als gerade in der Hautfärbung. Von dem reinen hellen Teint des Nordgermanen finden ſich alle möglichen Uebergänge zu dem Gelb der mongoliſchen und von dieſem zu dem Braun der malayiſchen, weiter zu dem Schwarz des Aethiopiers und auf der anderen Seite zu dem Rothen des Indianers. Ja innerhalb ein

und deſſelben Völkerſtammes finden ſich verſchiedene Zweige ſchwarz gefärbt, die anderen hellbraun, ja in das Weiß des Kaukaſiers übergehend. Als ſolche Beiſpiele können wir namentlich aus Afrika mehrere Völkerſchaften anführen; ſo finden ſich aus Arabien herübergekommene Stämme, die noch ihre arabiſche Sprache und Sitten erhalten haben, ſich nicht mit den Negern vermiſchten, in Nubien, welche im Laufe der Zeiten vollkommen ſchwarz geworden ſind. Unter den Berberſtämmen finden ſich ſolche, welche weiß ſind, ſolche, die braun und wieder andere, welche ſchwarz wie die Neger ſind. Umgekehrt findet man wieder unter den Bewohnern des Sudan Stämme, welche als roth und rothbraun beſchrieben werden, wie z. B. das mächtige Volk der Fullahneger (Prichard). Wir können nicht ſagen, woher die ſchwarze, dunkle Färbung ihren Urſprung nehme, doch zeigt ſich, wie dies derſelbe (Prichard II. 576 ff.) näher auseinandergeſetzt hat, im Allgemeinen allerdings, daß ſie vorzugsweiſe den Aequatorialgegenden angehöre und an keine beſtimmte Race gebunden ſei. So findet ſie ſich ganz überwiegend zwiſchen den Wendekreiſen Afrika's, aber auch hier haben die Stämme, die außerhalb der Wendekreiſe geblieben ſind, eine braune oder röthliche Farbe, während ihre Verwandten, die zwiſchen denſelben ſich ausgebreitet haben, ſchwarz erſcheinen. Dies gilt ebenſo wohl für die nördlichen wie für die ſüdlichen Stämme; die Hottentoten wie die Bewohner Marocco's und die Tueriks der Sahara ſind von lichtbrauner Farbe. Und ſelbſt innerhalb der Tropen wird mit der Erhebung des Bodens die Farbe der ſie bewohnenden Völkerſtämme wieder lichter, ſo im Quellande von Senegal und Gambia und in den Wäldern von Harrazo, wo die Stämme roth oder braun erſcheinen. Gehen wir in der Aequatorialzone von Afrika aus oſtwärts, ſo finden wir die Mehrzahl der Völker in derſelben ohne Rückſicht auf ihre Race ſchwarz. Schwarze finden ſich in Malabar, und die Hindus von Deccan ſind im Allgemeinen ſehr dunkel, ebenſo die Bewohner von Ceylon. Schwarze, bald mit krauſen, bald mit ſchlichten Haaren, bewohnen einen großen Theil der Inſeln des ſtillen Oceans. Das Hochland Amerika's unter den Tropen hat keine ſchwarzen Bewohner, aber die Einwohner des niedrigen Theils von Kalifornien, nahe dem Wendekreiſe, ſind ſo ſchwarz wie Neger[2]). Wir ſehen alſo,

daß in jeder Race die verschiedenen Hautfarben einzelnen Stämmen derselben zukommen.

3) Schädelform. Daß in dieser Beziehung im Allgemeinen ein Unterschied zwischen den verschiedenen Menschenracen bestehe, ist eine bekannte Thatsache, ebenso, daß man auch darnach allein die Raceneintheilung vorgenommen hat. Doch zeigt sich auch hier wieder die Unzulänglichkeit der verschiedenen Methoden und das Unsichere derselben auf das allerentschiedenste, indem auch hierin keine Uebereinstimmung der einzelnen Ethnographen sich findet. Der erste, der eine bestimmte Art, die Verschiedenheiten zu bezeichnen, angab, war der berühmte Camper, welcher, den Kopf im Profil betrachtend (1765), zwei sich schneidende Linien angab, deren Winkel als s. g. Gesichtswinkel oder Camper'scher Winkel auch jetzt noch häufig zur Unterscheidung und Beschreibung der Verhältnisse verschiedener Schädelformen angegeben wird. Denkt man sich nämlich an einem Schädel eine gerade Linie von dem erhabensten Theile der Stirne zu dem hervorragendsten Theil des Oberkiefers gezogen, eine zweite von der Mitte des äußeren Gehörganges zu der Basis der Nase, so bilden diese einen, bei den verschiedenen Racen verschieden großen Winkel, der bei einigen Negerstämmen 70° ausmacht, während er bei Europäern durchschnittlich 80° und selbst 90° beträgt. Seine geringere Größe wird einestheils durch ein stärkeres Vorspringen des Oberkiefers und anderntheils durch ein Zurückweichen, eine Verflachung der Stirne bedingt, welches bei den Thieren noch stärker wird, so daß der Gesichtswinkel schon bei den Affen höchstens 50° erreicht (Pöppig), und Gesichter mit viel geringerem Gesichtswinkel, als der der Kaukasier, dadurch im Ausdrucke etwas Thierisches bekommen. Man ist jedoch ziemlich bald von dieser Weise, die Racen zu sondern, zurückgekommen, und Blumenbach hat das Unzureichende derselben auf das entschiedenste dargethan, indem sonst im Baue ganz verschiedene Schädel doch gleiche Gesichtswinkel haben können, und umgekehrt sonst ganz ähnlich gebaute Schädel sehr verschiedene Gesichtswinkel. So führt Blumenbach an, daß er in seiner Schädelsammlung einen Negerschädel von Congo und den eines Polen habe, welche genau denselben Gesichtswinkel hätten und doch sonst sehr verschieden seien, und ebenso andere, sehr charakteristisch die Eigenthümlichkeiten des Negerschädels zeigende, die im Gesichtswinkel sehr bedeutend diffe-

riren. Wie sehr dieser Winkel oft in einem Stamme variirt, zeigen die Messungen amerikanischer Schädel durch Morton *). Während der mittlere Betrag desselben, z. B. bei den Algonquins, 77° beträgt, kommen unter demselben Stamme solche mit 70 und solche mit 86° vor, und selbst bei den Buschmännern finden sich solche mit fast 90° **). Blumenbach kam daher schon darauf, die verschiedenen Durchmesser des Schädels in Betracht zu ziehen und darnach diese zu beschreiben und seit ihm haben verschiedene Naturforscher verschiedene Dimensionen als die hauptsächlichsten und wichtigsten hervorgehoben und darnach verschiedene Namen für verschiedene Formen gegeben [3]). Betrachtet man die Schädel nach Blumenbach's Vorschlag etwas mehr von hinten und oben, so geben sich viele der charakteristischsten Eigenschaften der verschiedenen Racen sehr deutlich zu erkennen, wie es die hier mitgetheilten drei Schädel nach Blumenbach erkennen lassen, von denen der mittlere (2) einem Kaukasier, 1 einem Mongolen, 3 einem Aethiopier angehört, welche als die drei Hauptracen von Blumenbach angenommen werden, zu denen er die beiden anderen als Uebergangs-




racen, die malayische an die äthiopische, die amerikanische an die mongolische sich anschließend, annahm. Während die kaukasische sich durch eine ovale Form des Schädels, wenig vorspringende Backen- und Oberkiefernknochen auszeichnet, weicht nach der einen Seite hin die äthiopische dadurch ab, daß die Längendimension eine

*) Schoolcraft, Ethnological researches respect. the red man of Amer. II. 335.

**) Stout, The New-York Journal of Med. 1849. 151.

ſehr überwiegende wird, während bei dem Mongolen eine mehr viereckige, in die Breite gezogene Schädelform ſich herausſtellt.

Es fragt ſich nun: ſind dieſe Merkmale ſo conſtant und ſind dieſelben ſo bedeutend, daß ſie eine ſcharfe Sonderung, eine ſpecifiſche Verſchiedenheit der Menſchenracen annehmen laſſen? Auf Beides muß nach dem gegenwärtigen Zuſtande der Wiſſenſchaft entſchieden mit „Nein" geantwortet werden. Es finden ſich nämlich auch in dieſer Beziehung innerhalb jeder Race theils Individuen, theils ganze Stämme, welche dieſe allerdings im Allgemeinen für dieſelbe charakteriſtiſchen und conſtante Schädelform nicht erkennen laſſen, und doch entſchieden zu demſelben Stamme gehören. So finden ſich z. B. längs der Oſtküſte von Afrika, nach de Frobervilles *), Völkerſtämme mit dem reinſten Negertypus. Aber unter denſelben in zahlreicher Menge ſolche mit gebogenen Naſen, ohne den hervorſpringenden Kiefer, mit nicht dicken Lippen und zwar ebenſo wohl an der Küſte wie im Inneren, ohne durch irgend etwas weder in der Sprache, noch in den Sitten von ihren übrigen Stammgenoſſen ſich zu unterſcheiden, ſo daß ſich de Frobervilles veranlaßt ſieht, eine zu irgend einer Zeit erfolgte Miſchung dieſer Neger mit anderen Racen anzunehmen, ohne jedoch irgend einen Grund oder etwas, was für die Wahrſcheinlichkeit ſeiner Vermuthung ſpricht, angeben zu können. Daß auch unter den Bewohnern des Sudans ſolche Stämme vorkommen, die in ihrem Schädelbau durchaus nicht den Negerhabitus haben, dafür können wir die ſchon wegen ihrer abweichenden Hautfarbe erwähnten Fullahs und die Mandingos anführen, welche, in ſo weit es die Form betrifft, faſt europäiſche Geſichtsbildung und eine entſprechende Configuration des Kopfes haben, während namentlich einige verwandte Stämme der Mandingos, weniger cultivirt als dieſe, auch in ihrer phyſiſchen Bildung bedeutend von ihnen abweichen **).

In gleicher Weiſe zeigt ſich dies bei den malayiſchen Völkerſtämmen, die von Madagascar über die Inſeln des indiſchen und großen Oceans bis zur Oſterinſel verbreitet ſind, welche ſich ſowohl ihrer phyſiſchen Beſchaffenheit, wie ihrer Sprache, ihren Sitten und Gebräuchen nach als ein großer Völkerſtamm zu erkennen geben, deſſen einzelne Zweige ſich ebenſo wohl einerſeits an die

*) Note sur les Ostro-nègres etc. Compt. rend. de l'ac. d. sc. XXVIII., p. 285.

**) Prichard a. a. O. 103 u. ff.

mongoliſche Race anſchließen, indem die Bewohner mancher Sundainſeln auf das überraſchendſte den Chineſen gleichen, andere wieder, wie die Bewohner der Marqueſasinſeln, als Bilder vollendeter Schönheit ſelbſt unter Kaukaſiern gelten würden [4]).

Was nun die amerikaniſchen Stämme betrifft, ſo zeigen, nach den übereinſtimmenden Zeugniſſen aller Reiſenden, dieſelben eine große Verwandtſchaft ſowohl im Baue als in der Sprache mit einander. Daß die Hautfarbe nicht bei Allen roth ſei, haben wir ſchon erwähnt; nach Morton, der ebenfalls dieſe große Verwandtſchaft aller Amerikaner nach ſeinen ausgedehnten Unterſuchungen als eine unwiderlegliche Thatſache bezeichnet, wäre es geeigneter, ſie als braun, zimmetbraun zu bezeichnen, indem dieſe Farbe der Haut allgemeiner ſei, als die oft nur durch Färbung erzeugte oder vermehrte kupferrothe. Doch hebt auch er wieder hervor, daß auch unter ihnen alle Farben aller Racen angetroffen werden, das Braune einerſeits in das Schwarze, anderſeits in das Gelbe und faſt Weiße übergehe. Was den Bau des Schädels betrifft, ſo ſchließt ſich derſelbe einestheils an die mongoliſche, anderntheils an die malayiſche und zwar an die auf den Inſeln des großen Oceans herrſchende Form an. Einer der neueſten Arbeiter auf dieſem Gebiete, J. Bachman *), reiht, nach einer Vergleichung des Baues des Schädels ſo wie der übrigen phyſiſchen Eigenſchaften, die Indianerſtämme ſämmtlich der mongoliſchen Race an, nur bei einigen eine malayiſche Beimiſchung vermuthend, und der die große wiſſenſchaftliche nordamerikaniſche Expedition begleitende Naturforſcher Pickering iſt durch ſeine Unterſuchungen genau zu demſelben Reſultate gelangt. Namentlich die Kalifornier hält er mit der polyneſiſchen Bevölkerung des großen Oceans verwandt. Auch von ſprachlicher Seite her findet dieſe Anſicht ihre Stütze. Schoolcraft, der lange Zeit bei den Indianerſtämmen in amtlicher Eigenſchaft weilte, Jahre lang das Studium ihrer Sprachen trieb, findet dieſelbe einestheils mit den polyneſiſchen verwandt, anderntheils mit der birmaniſchen, und Bradford erklärte die amerikaniſchen Sprachen von mongoliſcher Abkunft und behauptet, die Amerikaner ſeien über die Inſeln herüber aus Aſien gelangt [5]).

Es iſt ferner eine bekannte Thatſache, daß in jeder bedeuten-

*) The Doctrine of the Unity of the Human Race etc. Charlest. 1850.

den Schädelſammlung, ſelbſt unter Kaukaſierſchädeln, ſich einzelne finden, die ganz genau den Typus der übrigen Racen an ſich tragen. Es findet ſich, wie keine Hautfarbe, ſo keine Schädelform, die ausſchließlich Eigenthum einer Race wäre. Es iſt alſo ſchon aus dieſem Grunde durchaus ungerechtfertigt, die Unterſchiede im Baue des Schädels verſchiedener Racen als ſpecifiſche anſehen und die Racen demnach als verſchiedene Species erklären zu wollen, um ſo mehr, als ſelbſt zwiſchen den, in dieſer Beziehung verſchiedenſten Racen ſich Stämme finden, welche ganz allmähliche Uebergänge nach verſchiedenen Seiten hin erkennen laſſen. Der größte Reiſende und der größte Naturforſcher unſeres Jahrhunderts, A. v. Humboldt, führt eben dieſe „Mittelſtufen der Hautfarbe und des Schädelbaues" unter den Beweiſen für die Einheit des Menſchengeſchlechtes mit auf (Kosmos I. 379). Dieſe Verſchiedenheiten in dem Baue des Schädels ſind alſo innerhalb einer Race weder bei allen Individuen conſtant, noch ſind beſtimmte ausſchließlich auf einzelne Racen beſchränkt. Dieſelben ſind aber in ihren größten Differenzen nicht einmal ſo bedeutend, daß wir ſie als wirklich ſpecifiſche Verſchiedenheiten anſehen könnten. Nachkommen unſerer Hausthiere, Pferde, Hunde, Schafe und Hornvieh ſehen wir oft in kurzer Zeit unter veränderten Umſtänden viel bedeutendere Abweichungen ſowohl hierin, als auch in der Farbe und in der Beſchaffenheit ihrer Haare annehmen. Die voneinander am weiteſten verſchiedenen Racen der Menſchen zeigen keine ſo große Verſchiedenheit von einander, wie verſchiedene Hunderacen, weder in der Farbe, noch in den Haaren, noch im Baue des Schädels. Ein Windhund und ein Bullenbeißer, welchen Unterſchied zeigen dieſe beiden Varietäten, die doch zu einer Species gehören, unter ſich eine Miſchlingsrace erzeugen können, die eben ſo gut, wenn ſie rein erhalten wird, ſich unverändert als eine ſolche Miſchlingsrace fortpflanzt oder nach und nach mit der urſprünglichen Race ſich paarend, wieder in dieſe zurückgeht. Daſſelbe gilt von Pferden, dem Rindvieh und übrigen Hausthieren, welche, den Menſchen begleitend, in den verſchiedenſten Klima's und unter den verſchiedenſten Umſtänden leben.

Durch welche Umſtände haben ſich aber dieſe Verſchiedenheiten der Racen ausgebildet, und wann ſind dieſelben entſtanden? Auf Beides müſſen wir antworten, daß wir es noch nicht wiſſen. Be-

trachten wir unsere Hausthiere in dieser Beziehung, so sehen wir an ihnen, wenn sie in andere Gegenden und in andere Verhältnisse gebracht werden, oft sehr rasch eine Aenderung eintreten, die sich dann, wenn nicht wieder neue Thiere aus der alten Heimath nachgeführt werden, dauernd erhält. Es bildet sich mit andern Worten eine neue bleibende Race dieser Thiere, aber Niemand ist im Stande, diesen Einfluß der äußeren Umstände auf die Organisation der Thiere zu erklären, wir sehen nur, es ist so. Wir bemerken ferner an den Hausthieren, daß sich die einen unter demselben fremden Himmelsstriche verändern, die andern nicht, oder nur, wenn sie verwildern, also eine andere Lebensart wie bisher angenommen haben. Man sieht daraus auf das entschiedenste, daß ein verschiedener Grad der Zähigkeit im Festhalten überkommener Charaktere bei verschiedenen Thieren Statt findet, und daß bei manchen namentlich durch Fortsetzung derselben Lebensweise und Pflege diese Charaktere, trotz der Aenderung des Klimas, sich wenig ändern [6]).

Man hat nun oft behauptet, daß sich erworbene Abnormitäten nicht fortpflanzen, sondern daß sie mit dem Individuum, welchem sie zukämen, aussterben, und dessen Nachkommen wieder die normale Beschaffenheit erkennen ließen, wieder zu ihrem Typus zurückkehrten. Es hätten sich also auch die nur einzelne Individuen zunächst betreffenden Raceneigenthümlichkeiten nicht fortpflanzen können. Dieser Satz ist unrichtig, so wie er in dieser Allgemeinheit ausgesprochen wird. Wir sehen allerdings, daß manche individuelle Abnormitäten sich nicht forterben, aber ebenso, daß sich andere auf die Nachkommen forterstrecken, wir können auch in diesem Falle weder für das Eine noch das Andere einen Grund angeben und noch weniger bestimmen, welche Abnormitäten sich fortpflanzen, welche nicht. Es ist eine den Aerzten bekannte Thatsache, daß sich gewisse Krankheiten von den Eltern auf die Kinder forterben, gewisse andere dagegen nicht, aber einen Grund dafür wissen wir nicht. Es sind gerade in dieser Beziehung merkwürdige Fälle bekannt, z. B. daß ein überzähliger Finger des Vaters durch mehrere Generationen hindurch sich fortgepflanzt habe. Es ist daher durchaus die Möglichkeit nicht abzustreiten, daß Eigenthümlichkeiten, die gegenwärtig einer ganzen Race angehören, von einzelnen wenigen Individuen herrühren. Solche Abnormitäten können sich mit der Zeit immer

mehr befestigen und nach der Analogie mancher Hausthiere kann es uns daher durchaus nicht als unvereinbar mit der Annahme einer späteren Erwerbung und Fortpflanzung der Raceneigenthümlichkeiten erscheinen, wenn wir sehen, daß dieselben sich auch in anderen Klimaten noch lange erhalten.

Wir kommen dadurch zu einem Einwurfe, den man häufig der Lehre von der Abstammung der Racen von Einem Paare gemacht hat, nämlich den, daß sich in andere Klimate versetzte Racen noch nicht umgewandelt und ihre Merkmale verändert hätten. Darauf läßt sich Folgendes erwiedern: 1) Ist der Satz in dieser Allgemeinheit entschieden unrichtig; wir haben schon oben angeführt, daß die in Afrika eingewanderten Araber vollkommen schwarz geworden sind, daß ebenso unter den Berbern sich Stämme befinden, welche ihre Hautfarbe in derselben Weise verändert haben, und ebenso, daß unter den offenbar unter einander stammverwandten Amerikanern die verschiedensten Farben vorkommen. Eines der merkwürdigsten Beispiele für eine derartige Veränderung, nicht nur der physischen, sondern der intellectuellen Eigenschaften, liefern die Magyaren, die, aus ihren Stammsitzen am Ural vertrieben, im Anfange des neunten Jahrhunderts in den unteren Donaugegenden einwanderten, während ihre Stammverwandten, die Ostjaken, zurückblieben. Alle alten Beschreibungen der Magyaren passen noch jetzt auf die Ostjaken, die als ein häßliches, schwächliches, wenig geistige Begabung besitzendes Volk, das in seinem Aeußeren sehr der mongolischen Race gleicht, sich zeigen. Und welche Veränderung ist seitdem mit den Magyaren vorgegangen, die jetzt zu den schönsten und edelsten europäischen Völkern gezählt werden müssen. Auch in Beziehung auf die Neger ist es eine constatirte Thatsache, daß die Nachkommen derer, welche nach Amerika eingeschleppt wurden, nach drei oder vier Generationen sich merklich in ihrem Gesichtsbaue und an den Haaren verändert zeigen, namentlich wenn sie nicht zu der härtesten Feldarbeit verwandt werden *). 2) Die Erfahrung, welche uns allein den sichersten Aufschluß über die Umwandlung der Racen unter veränderten Umständen zu geben vermag, erstreckt sich noch auf viel zu kurze Zeiträume, als daß wir irgendwie dazu berechtigt

*) Prichard a. a. O. II. p. 563.

wären, zu ſagen, die Raceneigenthümlichkeiten ſind conſtant und unabhängig von äußeren Einflüſſen. Auch die Analogien aus dem Thierreiche fordern nur noch mehr zur Vorſicht in ſolchen Schlüſſen auf, weil wir nach dem oben unter Anm. 5 Mitgetheilten deutlich an dieſen ſehen, daß es nicht nur auf die Quantität der Veränderungen in äußeren Verhältniſſen ankomme, ſondern daß auch die Qualität derſelben wohl in's Auge zu faſſen ſei, und daß uns bis jetzt das Zuſtandekommen ſolcher Veränderungen ganz räthſelhaft, nichtsdeſtoweniger aber wirklich iſt. Man hat nun auch oft angenommen, es müßten ganz ungeheuere Zeiträume verfloſſen ſein, um die Racenverſchiedenheiten auszubilden. Allein auch dieſe Annahme entbehrt jeder ſicheren Begründung, indem wir auch hierüber keine zuverläſſigen Nachrichten und Beobachtungen haben, welche uns über die Zeiten Aufſchluß geben könnten, innerhalb welcher ſich gewiſſe Eigenthümlichkeiten zu Racenverſchiedenheiten ausbilden, und weil wir noch viel weniger hiſtoriſche Nachrichten über die Entſtehung der Racen ſelbſt haben. Welches die urſprüngliche Form der Einwanderer in verſchiedenen Ländern war, welche Veränderungen auf ſie einwirkten, darüber wiſſen wir gar nichts. Soweit wir hiſtoriſche Nachrichten haben und Documente aus Gräbern und Kunſtwerken über die einzelnen Hauptracen ſammeln können, zeigen uns dieſe alle, daß ſchon in den früheſten Zeiten dieſe Racen vorhanden waren, es fehlen uns daher alle hiſtoriſchen Anhaltspunkte, das Entſtehen derſelben, ihre Entwicklung zu verfolgen. Um in dieſer Beziehung ein beſtimmtes Urtheil fällen zu können, müßte zuerſt noch die Frage erledigt ſein: Welchen Einfluß hat eine, durch viele Generationen fortgeerbte Eigenthümlichkeit auf die Feſtigkeit, mit welcher ſich dieſelbe erhält und veränderten äußeren Umſtänden widerſteht? Aber auch darauf können wir noch keine Antwort geben.

Es iſt z. B. ſehr wohl denkbar, daß im Anfange das Menſchengeſchlecht eine größere Nachgiebigkeit gegen äußere Einflüſſe gehabt habe, daß ſich alſo leichter durch den Wechſel derſelben Aenderungen im phyſiſchen Zuſtande einzelner Familien und Stämme einſtellten, die durch die Forterbung zu Raceneigenthümlichkeiten und im Laufe der Zeiten feſter und conſtanter wurden. In dieſem Falle würde der Umſtand, daß beſtimmte Racen in Ländern von anderem Klima ſich jetzt ſo langſam ändern, nicht ein Beweis

sein, daß sich auch diese Raceneigenthümlichkeit nur sehr langsam habe ausbilden können und eine lange Reihe von Jahren dazu erforderlich gewesen sei [7]).

Fassen wir kurz die Resultate der bisherigen Untersuchungen über die Menschenracen zusammen, so lassen sie sich in folgenden Sätzen aussprechen:

1) Die Organisation und die gesammten Lebenserscheinungen aller Menschen ist die gleiche.

2) Die Verschiedenheiten der einzelnen Racen betreffen selbst nur die Farbe der Haut, die Haare und die Form des Schädels.

3) Es findet sich kein einziges Merkmal, welches einer einzigen Race ausschließlich eigen wäre und nie in anderen angetroffen würde.

4) Die am weitesten von einander entfernten Racen zeigen keine so großen Abweichungen in ihrer physischen Beschaffenheit, wie Varietäten unserer Hausthiere, die entschieden zu einer Art gehören.

5) Es lassen sich keine scharfen Grenzen zwischen den einzelnen Racen ziehen, es finden sich ganz allmähliche Uebergänge zwischen denselben.

6) Es sind historisch nachweisbar durch Veränderung der Wohnsitze und der Lebensweise bedeutende Veränderungen mit einzelnen Stämmen vor sich gegangen.

7) Alle Racen können sich unter einander vermischen und diese Mischlinge sind stets wieder im Stande, unter sich Nachkommenschaft zu erzeugen, was nach den bisherigen verbürgten Angaben bei Thieren nur zu Einer Art gehörende Individuen vermögen.

Aus allem dem läßt sich der Schluß ziehen, daß sämmtliche Menschen zu einer Art (species) gehören, also auch möglicher Weise von einem Paare abstammen können, und alle Einwände dagegen, wie die neuerdings von C. Vogt aufgewärmten und in seiner bekannten Manier durch ekelhafte Zuthaten gewürzten Einreden, sind wenigstens von naturhistorischer Seite als ganz haltlos und unbegründet anzusehen [8]).

Wir haben am Anfange dieses Kapitels schon erwähnt, daß von Seiten der Naturforschung nur die Möglichkeit der Abstammung von einem Paare nachgewiesen werden könne. Die Wirklichkeit

derselben zu beweisen, gehört einer anderen Wissenschaft an, die Geschichte in Verbindung mit der Sprachforschung hat dieses zu thun. Daß in Beziehung auf die Wirklichkeit der Abstammung von einem Paare, als dessen Wohnsitz Centralasien angenommen wird, in Hinsicht auf die geographische Verbreitung, die Wanderung der Menschen, zunächst nur Amerika und die Südseeinseln einige Schwierigkeiten machen, indem Europa und Afrika in unmittelbarer Verbindung mit Asien stehen, braucht wohl keiner Erwähnung. In dieser Beziehung weist nun aber gerade die sprachliche Untersuchung übereinstimmend mit der physischen oder anatomischen deutlich darauf hin, daß sowohl die Bewohner jener Inseln, wie die Amerika's untereinander eine entschiedene Verwandtschaft erkennen lassen und auch die rohen Horden Nordostasien's und Nordamerika's stehen noch heute in einem beständigen Verkehre mit einander über die Aleuten hin, so daß auch die Bevölkerung dieses Continentes nicht so bedeutende Schwierigkeiten darbietet. Einen weiteren Beweis für die Wirklichkeit, den die Bezweifler der Abstammung des Menschengeschlechts von einem Paare so gerne ignoriren, liefert die Geschichte durch den Nachweis, daß selbst die entferntesten Nationen merkwürdig übereinstimmende Sagen und besonders Nachrichten über ein Ereigniß fortpflanzen, das die Anfänge des Menschengeschlechtes betroffen, nämlich die große Fluth, welche den Gegenstand des letzten Kapitels bilden wird. Da werden wir auch die Frage berühren, ob die Zeit hinreichend war, welche die gewöhnliche Zeitrechnung zugiebt, um so bald nach jenem Ereignisse eine so bedeutende Ausbreitung des Menschengeschlechtes zuzulassen, wie sie wirklich vorhanden war.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum vierundzwanzigsten Kapitel.

1) zu S. 628. Da diese Sätze über die Fortpflanzung neuerdings namentlich durch C. Vogt bezweifelt worden sind, so wollen wir hier einen gültigen Gewährsmann in Betreff der Säugethiere anführen, A. Wagner, der sich seit dem Jahre 1834 vorzugsweise mit dieser Klasse des Thierreiches beschäftigt und namentlich auch diesem Punkte, der Bastardbildung in derselben, besondere Aufmerksamkeit zugewandt hat. Dieser spricht sich aber folgendermaßen in dem gegen das neueste Libell Vogt's („Köhlerglaube und Wissenschaft") von ihm verfaßten Schriftchen „Naturwissenschaft und Bibel" hierüber aus (pag. 26):

„1) Nah verwandte Arten einer und derselben natürlichen Gattung können sich mit einander vermischen.

„2) Im freien Zustande jedoch gehört eine solche Vermischung zu den außerordentlichsten und allerseltensten, nur in Folge der Verirrung eines übermäßigen Geschlechtstriebes herbeigeführten Fällen. Dagegen im Hausstande — und in der Regel unter Vermittelung des Menschen — können solche Vermischungen erfolgen.

„3) Dieselben sind entweder erfolglos, oder, wo sie es nicht sind, können die Bastarde bei reiner Inzucht sich nicht forthalten, sie sterben aus.

„4) Wenn Bastarde in höchst seltenen Fällen sich als fruchtbar erwiesen haben, so haben sie die Fortpflanzungsfähigkeit nur durch Anpaarung mit einem der älterlichen Stämme erlangt.

„5) Allen gegentheiligen Angaben von unbeschränkter Fortpflanzungsfähigkeit ächter Bastarde, d. h. solcher, welche von wirklich differenten Arten erzeugt wurden, fehlt ohne alle Ausnahme der legale Nachweis."

Namentlich dem letzteren Punkt ist von Vogt widersprochen worden, aber ohne daß er im Stande gewesen wäre, irgend welche Nachweise beizubringen, die denselben umstießen. Man wird nämlich leicht einsehen, daß derselbe in bündiger Weise nur dann geliefert werden könnte, wenn man solche Bastarde verschiedener Arten von Geburt an sorgfältig von allen anderen Individuen ihrer älterlichen Species entfernt hielte und fände, daß sie im Stande wären, ihre Bastardrace rein fortzupflanzen. Dies ist aber noch nicht geschehen. Ein einziges Beispiel in dieser Beziehung, welches Buffon anführt, betrifft die Bastarde von Hund und Wolf, aber auch dieses ist nicht absolut zuverlässig, und würde dann nur einen Beweis für die Annahme mancher Naturforscher bieten, daß Hund und Wolf zu einer Art gehören.

2) zu S. 631. Die meisten der hier und später folgenden Angaben sind dem anerkannt ausgezeichneten Werke Prichard's: Researches into the physical history of mankind Vol. I–VI. Sec. Edit. entnommen, das die genauesten und sorgfältigsten Untersuchungen und Mittheilungen über sämmtliche bis jetzt bekannte Völkerstämme enthält. Die in Beziehung auf die Hautfarbe angegegebenen sind im II. Bd. p. 228, 575 u. ff. enthalten. Auch unter den Hindus finden neben einander sich fast ganz schwarze, braune und selbst blauäugige weiße. Eine sehr gute Uebersicht über die verschiedenen Völkerstämme und ihre physischen Eigenthümlichkeiten hat auch A. Wagner in seiner Geschichte der Urwelt p. 259—389 gegeben.

3) zu S. 633. Auch in dieser Beziehung zeigt sich wieder recht deutlich, wie willkürlich unnatürlich die Eintheilung des Menschengeschlechtes nach dem Baue des Schädels erscheint, wie unzureichend auch diese sich zeigt. Im Texte ist die Eintheilung der Schädel nach Blumenbach, dem unter allen Naturforschern das reichste Material zu derartigen Untersuchungen zu Gebote stand, angegeben; sie hat sich immer noch als die naturgemäßeste erhalten. In der neueren Zeit hat man geglaubt, auf die eigentliche Schädelhöhle und die Stellung der Zähne mehr Gewicht legen zu müssen und darnach hat Retzius zwei Klassen mit je zwei Abtheilungen der Menschheit gemacht, nämlich Langschädel, gentes dolichocephalae, und Kurzschädel, gentes brachycephalae. Bei beiden unter-

scheidet er wieder solche, bei welchen die Zähne senkrecht, gerade in den Kiefern stecken, orthognathae, und solche, bei welchen sie etwas schräg stehen, prognathae. Zu den dolichocephalis orthognathis gehören die celtischen, germanischen, romanischen und Hindustämme; zu den dolichocephalis prognathis die Neuholländer, Chinesen, Japanesen, Neger, Grönländer, Nord-Oceanier und die meisten ostamerikanischen Völkerstämme. Zu den brachycephalis orthognathis die Slaven, Tschuden, Lappen, Afghanen, Perser, Türken, Süd-Oceanier und Papuas; endlich zu den brachycephalis prognathis Tartaren, Kalmücken, Mongolen, Malayen und westamerikanischen Völkerstämme. — Es bedarf weiter nichts, als dieser Zusammenstellung, um die Unnatur dieser Eintheilung, nach der eine Trennung offenbar nahe verwandter Stämme, die Vereinigung weit entfernter in eine Klasse vorgenommen werden muß, auf das allerdeutlichste zu zeigen. Die Neger kommen hier mit Chinesen und Japanesen in eine Klasse, die Slaven und Perser mit den Papuas! Man sieht eben auch daraus wieder auf das allerdeutlichste, daß eine scharfe Trennung auch nach dem Schädelbaue nicht möglich ist, daß auch dieser kein specifisches Unterscheidungsmerkmal der verschiedenen Stämme abgiebt, eben weil sie keine verschiedenen Species sind.

4) zu S. 635. „Ihrer Schönheit wegen sind besonders die Männer der Marquesas-Inseln berühmt. Tilesius maß die einzelnen Verhältnisse eines Nukahiwers und theilte sie Blumenbach mit, der bei näherer Vergleichung fand, daß dieser Wilde in seinen Proportionen mit dem Ideal aller männlichen Schönheit, dem Apoll von Belvedere, übereinstimme. Die Hautfarbe geben Tilesius und Krusenstern als ursprünglich fast so weiß wie beim Europäer an. Von den Bewohnern der Osterinseln sagt Chamisso: Das Auge des Künstlers erfreute sich, eine schönere Natur zu schauen, als ihm die Badeplätze in Europa, seine einzige Schule, darbieten." (A. Wagner, a. a. O. p. 294.)

5) zu S. 635. Die amerikanischen Sprachen zeichnen sich durch eine ganz eigenthümliche Wortbildung aus, auf die hier näher einzugehen nicht möglich ist. Das von anderen Sprachen Abweichendste ist das, daß nicht ein und dasselbe Wort zur Bezeichnung desselben Gegenstandes in allen Fällen gebraucht wird, sondern daß je nach der Verbindung mit einem anderen Worte oder Ausdrucke auch jenes wechselt, und mit ihm zu einem gleichsam zusammengeschmolzen wird. Das Wort waschen z. B. gebrauchen wir für dieselbe Thätigkeit gleichmäßig, das Gesicht, die Hände, die Füße, die Kleider ꝛc. waschen, für jeden dieser Gegenstände gebraucht der Indianer ein anderes, das Waschen ausdrückendes Wort, was gleichsam mit einem zusammengefügten, ineinander geschachtelten Worte den ganzen Begriff ausdrückt. Diese Eigenthümlichkeit der Wortverbindung nannte W. v. Humboldt Agglutination, Duponceau bezeichnete sie als polysynthetisch, amerikanische Sprachforscher als encapsulated oder holophrastic. Dieselbe Eigenthümlichkeit findet sich jedoch auch bei Bewohnern der Inseln des großen Oceans und in der birmanischen Sprache, ist also nicht ausschließlich auf Amerika beschränkt. (Schoolcraft, a. a. O. II. p. 340, 348 ꝛc.)

6) zu S. 637. Ebenso wenig, als wir wissen, warum verwilderte Pferde kleiner werden und ein längeres struppiges Haar bekommen, die Schweine in Amerika hier längere, dort kürzere Ohren zeigen, als ihre Stammältern, und in wieferne die Veränderung der klimatischen Einflüsse und der Lebensweise mit solchen Abweichungen in ursächlichem Zusammenhange steht, ebenso wenig wissen wir, warum sich die eine Thierspecies in dem einen Lande ändert, in einem anderen nicht u. s. f. Wir sehen daraus deutlich, daß es sich nicht nur um die Quantität solcher Einflüsse handelt, sondern viel mehr um ihre Qualität, über die wir freilich ebenso wenig wissen, als über die eigenthümlichen s. g. Miasmen, die bei sonst ähnlichen physikalischen und klimatischen Verhältnissen hier Cholera, dort Wechselfieber und wieder wo anders das gelbe Fieber erzeugen. Trotz aller Bemühungen sind uns auch diese Einflüsse gerade in ihren verschiedenen Qualitäten noch ganz räthselhaft.

7) zu S. 640. Da wir die Verhältnisse nicht kennen, unter welchen die verschiedenen Raceneigenthümlichkeiten sich ausgebildet haben, so können wir auch

durchaus nicht angeben, unter welchen Umständen dieselben sich wieder aufheben müßten. Die Erfahrung, welche hierüber allein etwas lehren kann, fehlt uns hier fast ganz. Ob die nach Afrika übergewanderten und dort schwarz gewordenen Araber z. B. bald wieder in Arabien braun werden, weiß man nicht, und ob Ungarn bei den Ostjaken ebenfalls wieder zu Ostjaken herabsinken würden, ist sogar sehr zweifelhaft. Daher ist es ein durchaus unbegründeter Einwurf gegen die Abstammung von Einem Paare, daß die Neger in Amerika noch keine Indianer oder Anglogermanen geworden seien. Nur dann wäre derselbe einigermaßen gerechtfertigt, wenn Jemand behauptete, die Indianer stammen von den Negern, oder diese von jenen. Auch hier kommt die Qualität und die Dauer der veränderten Einflüsse in Betracht, über beide wissen wir aber noch nichts Sicheres. Dasselbe gilt auch von dem Einwurfe, der aus der geringen Fähigkeit verschiedener Racen, namentlich der Europäer, sich in Bezirken anderer zu acclimatisiren, hergenommen ist. Dieser Einwurf setzt voraus, daß auch in den frühesten Zeiten der Völkerzerstreuung diese Fähigkeit nicht größer gewesen sei, daß die einzelnen Stämme plötzlich in ganz andere Gegenden versetzt worden, und daß die frühesten Menschen gerade ebenso für ein bestimmtes Klima organisirt gewesen seien, ebenso daß die viele Generationen hindurch fortdauernde Gewöhnung an ein bestimmtes Klima auch in Beziehung auf Acclimatisationsfähigkeit keinen Einfluß habe. Es möchte aber sehr schwer sein, irgend einen Beweis für eine dieser Voraussetzungen zu finden und so lange sie nicht erwiesen sind, ist auch jener Einwurf, als von unbegründeten Voraussetzungen ausgehend, ein ganz haltloser.

[8]) zu S. 640. Es wäre eine sehr überflüssige Arbeit, die in dem Libelle C. Vogt's „Köhlerglaube und Wissenschaft" erhobenen Einwände gegen die Abstammung der Menschen von Einem Paare hier noch weiter zu besprechen, sie sind sämmtlich schon in dem Texte erörtert worden, auch wurde von A. Wagner in dem schon Anmerk. 1 erwähnten Schriftchen die Unhaltbarkeit und zugleich die Unwahrheit derselben zur Genüge nachgewiesen. Herr Vogt hat schon in seinem politischen Leben zu deutliche Beweise gegeben, daß er es zum Besten seiner Partheizwecke auch mit der Wahrheit so genau nicht nehme; darin ist er sich denn auch in diesem Schriftchen consequent geblieben, das wieder ein neuer Beweis ist von dem großen Vertrauen, welches Vogt auf den guten Magen und das schlechte Gedächtniß des deutschen Publikums hat. Ohne dies wäre es nicht möglich, daß er solches Zeug geschrieben hätte. So spricht er z. B. von der mongolischen, der Neger-, der amerikanischen, kaukasischen und malayischen Race, ebenso von „den unterscheidenden Charakteren und der Unveränderlichkeit derselben bei den verschiedenen Racen." Das, meint Herr Vogt, wären wir aber so gut, im Augenblicke wieder zu vergessen, denn sonst könnte er doch nicht wohl in demselben kleinen Schriftchen sagen, daß die ethnographischen Arbeiten desselben Naturforschers, Blumenbach's, dessen Eintheilung der Racen eben jene ist, „in jeder Beziehung Arbeiten des unreifsten Kindesalters einer werdenden Wissenschaft" sind. Ebenso muß man auch alles das sich aus dem Sinn schlagen, was Vogt über die unterscheidenden Charaktere der Racen u. s. w. gesagt hat, weil er wiederum an einer anderen Stelle die Behauptung aufstellt, „daß von einer wahren Racenanatomie heute noch gar keine Rede sei." — Was den aus der Analogie mit Thieren hergenommenen Beweis für die Einheit des Menschengeschlechts aus der Fortpflanzungsfähigkeit betrifft, so dreht sich, wie jeder unserer Leser entnehmen kann, die Frage ganz allein darum, ob Bastarde verschiedener Species unter sich ihre Zwischenracen rein fortpflanzen können; Herr Vogt beweist uns dagegen, daß Bastarde mit Thieren ihrer Stammrace hie und da fruchtbar sind, was kein Mensch mehr bezweifelt; die eigentliche Hauptfrage wird nur so nebenbei abgemacht, nichtsdestoweniger aber der Schluß gezogen: Bastarde pflanzen sich fort, also ist jener Beweis nichtig. Ein ähnliches Verfahren wendet Vogt an, um aus Menschenknochen, von Spring in einer belgischen Höhle gefunden, eine Urbewohnerschaft Belgien's vor der jetzigen Race, zur Tertiärzeit, annehmen zu können. Wie im nächsten

Kapitel ausführlicher erörtert wird, ist bei diesem Punkte immer erst die Frage zu erörtern: Welches Alter haben die Knochen, zu welcher Periode sind dieselben abgelagert? Diese Untersuchung wäre in dem Falle, den Vogt als Beweis braucht, sehr fatal gewesen; jene Menschenknochen fanden sich nämlich in einer engen Spalte einer Höhle, mit Thierknochen gemengt, neben Rollsteinen, also eingeschwemmt, so daß aus diesem Grunde das Nebeneinanderliegen derselben durchaus keinen Beweis liefert, daß sie gleichen Alters sind. Weil ferner Herr Vogt sehr wohl weiß, daß aus einem Schädel eine ganze Race zu construiren doch mißlich ist, macht er aus den, noch dazu schlecht erhaltenen Bruchstücken von Kopfknochen, die Spring fand, gleich „Köpfe." Das kann vielleicht ein Versehen sein; bei einem Anderen würde man es so nennen, bei Herrn Vogt wird man wohl eine Absicht dabei vermuthen, um so mehr, als auch sonst in seinem Schriftchen offenbare Unwahrheiten vorkommen. Oder ist es, zusammengehalten mit den im Texte erwähnten Angaben Prichard's, den Vogt kennt, dem er selbst das Zeugniß eines fleißigen und gründlichen Sammlers giebt, etwas Anderes, wenn er behauptet, „höchstens in der Hautfarbe (der Racen) seien Modificationen beobachtet worden, — in allen anderen Charakteren seien noch nirgends Aenderungen bemerkt worden"? Doch das kann auch Unwissenheit sein. Aber, so groß sie auch in manchen Stücken bei Herrn Vogt sein mag, so weit geht sie doch nicht, daß er damit seine Behauptung entschuldigen könnte, daß die kabinetstudirenden Ethnologen mehr für die Einheit, die gereisten Naturforscher für die Vielheit ihres Ursprungs seien. Was die letzteren betrifft, so haben sich nämlich die meisten darüber gar nicht bestimmt geäußert, nur die mit Dumont d'Urville's Expedition gereisten Franzosen haben sich, jedoch ganz ohne gründliche Prüfung der Frage, gegen die Einheit erklärt, dagegen hat die gewichtigste Autorität, A. v. Humboldt, sich entschieden für die Einheit des Menschengeschlechtes ausgesprochen, ebenso neigt sich Pickering, der die große nordamerikanische Expedition begleitete, ebenfalls mehr zu der Annahme hin, daß die Racen nur Varietäten Einer Species seien. Gleich unwahr ist auch die Behauptung, daß „alle mit amerikanischer Ethnologie gründlich beschäftigten Forscher, Anatomen, Zoologen und Sprachforscher zu der Ueberzeugung haben kommen müssen, daß der amerikanische Mensch eine autochthone Race sei, die gar nichts mit den Racen der alten Welt zu thun hat, weder durch Abstammung, noch durch Mischung." Der schon erwähnte Pickering und J. Bachman als Naturforscher und ebenso die mit amerikanischen Sprachen gründlich vertrauten Sprachforscher Bradford und Schoolcraft behaupten gerade das Gegentheil von dem, was Herr Vogt seinen Lesern weiß machen will. Ich denke, man wird genug an diesen Proben haben, und daraus selbst entnehmen, ob es zu viel gesagt ist, wenn man ihren Verfasser der Leichtfertigkeit und Unwahrheit zeiht.

# Fünfundzwanzigſtes Kapitel.

Die Sündfluth. Verſchiedenheit derſelben von dem Diluvium der Geologen. Die angeblich foſſilen Menſchenknochen. Naturhiſtoriſche Bedenken gegen die Allgemeinheit der Sündfluth. Beſeitigung derſelben, wenn man dieſelbe als eine partielle Fluth annimmt. Konnten in der kurzen Zeit, welche ſeit ihr verfloſſen, alle Menſchen der Erde von Einem Paare abſtammen?

Gleichermaßen wie die Geneſis berichten übereinſtimmend die Sagen der Völker aller Continente, es habe einſt eine große Fluth Statt gefunden, welche das ganze Menſchengeſchlecht bis auf eine Familie tödtete. Von dieſer einen Familie ſtamme die jetzige Bevölkerung der Erde; nach der Geneſis werden auch ſämmtliche jetzt auf der Erde lebenden Thiere ebenfalls paarweiſe mit und durch den Menſchen gerettet und ſo zu Stammältern der jetzigen Thierwelt. Man hat ſehr häufig ſchon in den früheſten Zeiten über das Vorhandenſein einer ſolchen Fluth naturhiſtoriſche Unterſuchungen angeſtellt, aber bis auf den heutigen Tag iſt noch gerade von dieſer Seite wenig zur Beantwortung der ſich hiebei dem Naturforſcher aufdrängenden, oder ihm ſelbſt aufgedrungenen Fragen geſchehen. Halten wir uns an dem Bericht der Geneſis (Gen. C. VII. u. VIII.), ſo heben wir zunächſt daraus folgende, für die naturhiſtoriſche Unterſuchung wichtige Punkte hervor:

1) Nach einem längeren Beſtehen des Menſchengeſchlechtes trat eine Ueberſchwemmung ein, welche die Erde bis über die höchſten Berge bedeckte und im Ganzen ein Jahr dauerte.

2) Alle Menſchen kamen um mit Ausnahme einer Familie, der des Noah, welche in einem Fahrzeuge, der Arche, geborgen war.

3) Sämmtliche Landthiere wurden in einem, theilweiſe in ſieben Paaren von Noah in die Arche genommen.

4) Die Organismen der Erde waren nach der Fluth die gleichen, wie vor derſelben.

Diese wenigen Sätze geben uns zunächst ein Mittel an die Hand, eine leider nur allzuverbreitete, im hohem Grade irrthümliche Ansicht zu beseitigen, welche sehr üble Folgen nach sich gezogen und große Verwirrung verursacht hat. Es ist nämlich die, daß das Diluvium der Geologen gleich der Sündfluth sei, die Diluvialgebilde Spuren dieser Fluth, und die in jenen eingeschlossenen Reste von Pflanzen und Thieren Ueberbleibsel der durch die Sündfluth vernichteten Thiere und Pflanzen seien. Das Diluvium der Geologen hat aber mit der Sündfluth der Theologen ganz und gar nichts gemein, jenes war vor der Entstehung des Menschengeschlechtes, war von längerer Dauer, und auf einzelne Localitäten beschränkt, während die Sündfluth als ein historisches, lange nach der Entstehung des Menschen eingetretenes, kurz dauerndes, aber auf der ganzen Erde verbreitetes Ereigniß geschildert wird. Es findet sich auch nicht eine Species von Landthieren in den Diluvialgebilden, welche auch der jetzigen Periode angehört, alle sind specifisch von den gegenwärtig lebenden verschieden, können also unmöglich durch die Sündfluth getödtete Thiere sein, da sie sonst den jetzt lebenden gleich sein müßten. Das Diluvium bezeichnet eine geologische Periode, den Schluß der tertiären Formation, die Sündfluth ist ein historisches Ereigniß in unserer jetzigen Periode gewesen. Man hört nun wohl öfters von fossilen Menschenknochen sprechen, welche zugleich mit den Knochen der Thiere im Diluvium und mit diesen gemengt angetroffen werden und hat daraus den Schluß gezogen, daß der Mensch gleichzeitig mit jenen Thieren, also bereits in der Tertiärperiode, gelebt habe. Dieser Schluß ist jedoch durchaus ungerechtfertigt. Betrachten wir die Thatsachen, aus welchen man denselben gezogen, etwas näher und halten wir sie zusammen mit anderen, so muß er als durchaus unerwiesen angesehen werden.

Sehen wir zunächst auf die Localitäten, in welchen Menschenknochen angeblich oder wirklich gefunden wurden, so sind es bis jetzt nur einige Höhlen und Klüfte gewesen, in denen einzelne menschliche Gebeine angetroffen wurden. Nirgends sonst hat man dieselben in Diluvialgebilden angetroffen. Diese Thatsache führt sogleich zu der Frage, ob denn wirklich constatirt sei, daß 1) die Menschenknochen in der That zugleich mit jenen Thierknochen in jene Höhlen gebracht worden seien und 2) daß dieses in der Dilu-

vialzeit geschehen sei. Nur wenn diese beiden Fragen entschieden und mit ja beantwortet werden müssen, ist jener obige Schluß gerechtfertigt. Nimmt man es genau mit der Beantwortung dieser beiden Fragen, so wird man gestehen müssen, daß es kaum möglich sein dürfte, bis jetzt wenigstens noch nicht möglich war, Beweise für eine Bejahung derselben beizubringen und deswegen sind auch bei den Geologen, welche jene Höhlen untersuchten, die Meinungen über das Alter der Menschenknochen noch immer sehr getheilt. Auffallend ist es schon, daß *nur in Höhlen* jene Knochen mit solchen von Diluvialthieren angetroffen werden. Daß Menschen vor den Fluthen Schutz in den Höhlen gesucht hätten, ist sehr unwahrscheinlich, aber daß sie sich in denselben verbergen vor Ihresgleichen, ist sehr häufig. Daß dieselben zum Begräbnißplatze, zu Opferstellen und zur Wohnung manchen alten Völkerstämmen z. B. gerade in Südfrankreich dienten, ist ebenfalls nachgewiesen, also Veranlassung genug, daß einzelne menschliche Gebeine in den Boden, in welchem schon lange vorher jene Thierknochen waren, gebracht wurden und nun neben ihnen angetroffen werden. Es können aber auch noch durch heftige Wassergüsse die Höhlen in der jetzigen Periode überschwemmt, der Boden aufgerissen worden sein, wodurch ebenfalls jene alten Thierknochen mit neueren menschlichen durcheinander gewürfelt und an einer anderen Stelle neben einander abgelagert wurden. Daß dieselben in Höhlen unter einer Tropfsteindecke begraben sind, ist gar kein Einwurf gegen diese Erklärung; weil die Tropfsteinbildung noch heute vor sich geht, und eine jetzt durchwühlte Höhle in 50 Jahren schon wieder eine Tropfsteinrinde über ihren Boden erhalten haben wird. Daß gerade in Kalkgebirgen sehr leicht Aenderungen im Laufe des Wassers möglich sind, daß sich höher gelegene Grotten mit Wasser angefüllt, plötzlich in tiefer gelegene entleeren können, ist eine Annahme, welche Jedem, der die Verhältnisse der Kalkgebirge in's Auge faßt, durchaus nichts Befremdendes haben kann. Daß solche Ereignisse *nicht* Statt finden konnten, wird Niemand zu beweisen im Stande sein, ebenso ist es aber auch nicht leicht möglich, zu zeigen, daß sie wirklich Statt gefunden haben. Wer also die Menschenknochen in Höhlen durchaus als gleichalterig mit den Diluvialknochen ansehen will, kann es immerhin thun, aber nur kann man nicht behaupten, es sei diese Annahme eine *erwiesene Thatsache*;

denn jene beiden oben angeführten Fragen lassen sich für keine der Höhlen, in denen man menschliche Gebeine fand, mit Entschiedenheit beantworten und so lange dieses nicht geschehen ist, bleibt eben jener Schluß ein ungerechtfertigter und die Theorie von dem Erscheinen des Menschen in der Diluvialzeit eine bloße Hypothese, der sämmtliche übrigen zweifellosen und klaren Beobachtungen entgegenstehen, nach welchen der Mensch das jüngste Geschöpf der Erde ist [1]).

Damit fallen denn auch alle die vermeintlichen Beweise hinweg, welche man für die Sündfluth finden wollte und welche nichts als Beweise für das Diluvium sind.

Sieht man sich nun nach anderen naturhistorischen Merkmalen für diese allgemeine Fluth um, so findet man keine, im Gegentheil sieht sich der Naturforscher gezwungen, zu erklären:

1) daß eine überall gleichzeitige allgemeine Wasserbedeckung der Erde, also die Sündfluth nach der bisher gewöhnlichen Auslegung des mosaischen Berichtes, *nicht* Statt gefunden haben könne und nicht Statt gefunden habe;

2) daß aber eine partielle, den damals bewohnten Theil der Erde betreffende Fluth sehr wohl eingetreten sein könne, daß einer solchen von Seite der Naturforschung durchaus keine Bedenken entgegenstünden.

Wir wollen diese beiden Sätze im Folgenden näher begründen und zuerst die naturhistorischen Zweifel gegen die Möglichkeit einer allgemeinen Fluth anführen. Nach Moses Bericht war die Fluth durch zweierlei natürliche Mittel hervorgerufen: 1) durch einen starken Regen, 2) das Oeffnen unterirdischer Wasserbehälter, welche in 150 Tagen eine Wasserhülle um die ganze Erde bildeten, die 15 Ellen die höchsten Berge überragte. Die Wassermasse, welche dazu nöthig ist, läßt sich leicht berechnen; man findet, daß dieselbe circa $^1/_{280}$ der ganzen Erdmasse bilden würde.

Was nun zunächst den Regen betrifft, so zeigt 1) die Physik, daß ein *allgemeiner*, auf der ganzen Erde gleichzeitig Statt findender atmosphärischer Niederschlag unter den jetzigen atmosphärischen Verhältnissen, die ja vor der Sündfluth schon existirten, unmöglich ist. Wir haben p. 419 die Bedingungen erörtert, unter welchen sich ein solcher bildet. Es entsteht derselbe nur dadurch, daß durch eine plötzliche Abkühlung eines Raumes, in welchem sich

Wasserdampf befindet, der Sättigungsgrad jenes, in diesem Falle der Atmosphäre, erniedrigt und dadurch die überschüssige Menge des Wasserdampfes condensirt wird, d. h. ohne eine bedeutende und anhaltende Temperaturerniedrigung kann es zu keinem starken Regen kommen. Ein allgemeiner Regen über die ganze Erde setzt aber eine plötzliche gleichzeitige bedeutende Temperaturerniedrigung der ganzen Atmosphäre voraus, diese ist aber physikalisch unmöglich, wird auch in dem mosaischen Berichte nicht erwähnt. Aber selbst dieses zugegeben, daß auf eine ganz unerklärliche Weise dieser Regen entstand, so hätte derselbe nicht ohne vorausgegangene, in seiner Folge nothwendig eintretende Erscheinungen Statt finden können, welche ebenfalls nicht eingetreten sind. Das Wort, welches für den Regen in der Genesis gebraucht wird, bedeutet nach den Exegeten soviel als starker Regen und ein starker Regen muß es auch gewesen sein, wenn er nur etwas zu jener Fluth beitragen sollte, wie es doch nach dem Berichte der Genesis aufgefaßt werden muß. Nehmen wir nun an, es habe 150 Tage und nur so viel geregnet, daß die tägliche Regenmenge 1 Fuß Wasser geliefert habe — wir finden gegenwärtig Gegenden auf der Erde, in welchen einzelne Tage eine größere Menge fällt, z. B. Cayenne —, so hätte erstens vor dem Eintritt des Regens ein furchtbarer Druck der Atmosphäre auf allen Menschen und Thieren lasten müssen, der nach dem Regen wieder weggefallen wäre. Die ganze Wassermasse, welche durch den Regen geliefert wurde, mußte nämlich vor dem Eintritt desselben in unserer Atmosphäre enthalten sein; denn während des allgemeinen Regens konnte unmöglich eine Zuführung von Wasserdampf in die Atmosphäre durch Verdampfung vom Meere aus Statt finden. Es kann ja nur da Wasser verdampfen, wo der Raum über der Wasserfläche weniger Wasserdampf enthält, als er aufzunehmen vermag, und nur da kann es regnen, wo mehr Wasserdampf enthalten ist, als der Raum seiner Temperatur nach aufgelöst erhalten kann. Regnen und Verdampfen gleichzeitig an ein und derselben Stelle sind also ebenso unmöglich, als Aufthauen und Gefrieren zu derselben Zeit. War aber diese Wassermasse als Dampf oder Dunst in der Atmosphäre, so mußte sie nothwendig einen Druck auf die Oberfläche der Erde ausüben, wie die Luft ja selbst. Eine Wassermasse von 150 Fuß Höhe übt aber einen Druck aus, der 4½mal größer ist, als der

unſerer ganzen Atmoſphäre; es hätten alſo ſämmtliche lebende Weſen ſtatt des gewöhnlichen wenigſtens einen 5½fachen Atmoſphärendruck auszuhalten gehabt, der nach der Fluth dem gewöhnlichen einen wich. Wollte man nun auch annehmen, daß früher die Weſen ſchon an dieſelbe Druckgröße der Atmoſphäre gewohnt geweſen ſeien, ſo muß man annehmen, daß erſt nach der Fluth die jetzigen Verhältniſſe eingetreten ſeien. Wer aber je einen hohen Berg beſtiegen hat, der weiß, was die Veränderung des Luftdruckes auf den Menſchen für bedeutende Wirkungen zeigt, und doch iſt auf dem Montblanc, wo das Barometer 16²/₁₀ Linien hoch ſteht, die Verringerung noch nicht einmal ganz die Hälfte des auf der Ebene Statt finden Druckes. Umgekehrt findet man in den Taucherglocken, wie läſtig auch die Vermehrung des Druckes wirkt, und es wäre für Menſchen und Thiere nicht möglich, lange bei einem fünffachen Atmoſphärendrucke auszuhalten. Welcher Annahme man daher auch ſich zuwenden will, daß vor der Fluth der Druck beſtändig höher war als jetzt, und nach derſelben um ſo viel erniedrigt wurde, oder der, daß er nur momentan während der Fluth erhöht war, man entgeht der Schwierigkeit nicht, indem ebenſowohl eine bedeutende Vermehrung wie Verminderung des Luftdruckes für den Menſchen und die höheren Thiere gleich ſchädlich ſind.

Einen zweiten Uebelſtand, der im Gefolge eines allgemeinen Regens eingetreten wäre, iſt der, daß durch dieſe raſche Verdichtung von Waſſerdampf zu Waſſer eine ſehr bedeutende Temperaturerhöhung hätte Statt finden müſſen. Wir haben p. 305 ff. im Allgemeinen angegeben, wie durch Aenderung des Aggregatzuſtandes Wärme gebunden und wieder frei werde, wir wiſſen, daß 1 ℔ Waſſerdampf ſo viel latente Wärme enthält, als hinreicht, um 540 ℔ Waſſer um 1° wärmer zu machen, d. h. daß 1 ℔ Waſſerdampf außer ſeiner eigenen freien Wärme 540 Wärmeeinheiten enthält, welche frei werden, ſo wie ſich der Dampf zu tropfbar flüſſigem Waſſer condenſirt. Durch eine ſo raſche Condenſirung jener geſammten Waſſermaſſe hätte alſo eine enorme Menge von Wärme frei werden müſſen. Nehmen wir z. B. an, daß der Waſſerdampf, der in den aſiatiſchen Ländern, dem Wohnſitze der erſten Menſchen, als Regen niederfiel, vor ſeiner Verdichtung nur 10° Wärme gehabt habe, ſo wäre durch die Menge

des Regens in einem Tage, welche 1 Fuß dick die Erde bedeckte, so viel Wärme frei geworden, daß die ganze Luftmasse darüber um 66° C. höher erwärmt worden wäre [2]).

Wollen wir aber die Regenmenge noch geringer annehmen — wir haben nur 150 Fuß der ganzen Wassermasse auf den Regen gerechnet — so wird eben die Schwierigkeit in Beziehung auf die Frage: woher die große Wassermenge gekommen sei, noch bedeutender. Auch diese auf natürliche Quellen zurückzuführen, ist nicht möglich. Der höchste Berg der Erde ist 26843 Fuß hoch, 150 Tage stieg das Wasser, für die Menge des durch den Regen gelieferten, haben wir täglich einen Fuß angenommen, es mußte also aus den geöffneten „Brunnen der Tiefe" so viel Wasser kommen, daß im Durchschnitt täglich 150 Fuß Wasser geliefert wurden, das Wasser gleichmäßig alle Stunden um 6 Fuß auf der ganzen Erdoberfläche stieg. Wäre die ganze Erde unmittelbar unter der Oberfläche mit Wasser ganz angefüllt, wie ein Gefäß, so würde diese Wasseransammlung mindestens 26843 Fuß tief sein. Das ist aber, wie die Erfahrung lehrt, nicht der Fall, sondern es kann nur in einzelnen Höhlungen sich befinden, welche in dem festen Theile der Erdrinde einzelne kammerähnliche Räume oder Gewölbe darstellen. Diese müßten daher noch viel tiefer sein. In dem einen wie in dem anderen Falle sind solche tiefe Höhlungen mit Wasser angefüllt nicht vereinbar mit der Zunahme der Temperatur nach der Tiefe. Daß sich flüssiges Wasser in so bedeutender Menge und so großen Tiefen der Erde finde, ist ebenfalls eine mit den Beobachtungen über die Temperatur des Erdinnern unvereinbare Annahme. Wir haben schon pag. 56 auseinandergesetzt, wie in einer Tiefe zwischen 10000—20000 Fuß Siedhitze herrsche, dort kann also nicht flüssiges Wasser sich viele Jahrhunderte bis zum Einbruche der Sündfluth flüssig erhalten haben. Doch sehen wir auch von dieser Schwierigkeit ganz ab, so fehlen uns wieder alle natürlichen Mittel, das Hervorbrechen dieser Wassermassen auf der ganzen Erde zu erklären. Geben wir nämlich auch wirklich solche ungeheuere Wasserbehälter zu, wie soll denn das Wasser aus ihnen herausgetrieben werden? denn von selber geht das Wasser nicht aus der Tiefe in die Höhe. Man hat nun freilich versucht, die Schwierigkeiten, welche sich von naturhistorischer Seite gegen diese allgemeine Wasserbedeckung erheben, durch allerlei Annahmen zu

beſeitigen, dadurch aber nur die Unmöglichkeit gezeigt, dieſelben auf dieſem Wege zu heben. A. Wagner meinte, es könnten auch hier die, bei den Neptuniſten ſo beliebten „intenſiven chemiſchen Proceſſe" die Erdwärme im Innern ſo geſteigert haben, daß die unterirdiſchen Waſſerbehälter ihr Waſſer entleeren mußten, wahrſcheinlich indem ſich daſſelbe in Dampf verwandelte, oder auch, daß durch dieſelben Waſſer aus den waſſerhaltigen Mineralien ausgetrieben wurde. v. Schubert glaubt, daß im Innern der Erde vorhandene große Maſſen von Eiſen als Eiſenoxydhydrat, ein allerdings nicht ſeltenes Mineral, exiſtirten und durch Erhitzung ihr Waſſer hätten fahren laſſen. Geben wir aber auch das Alles zu, geben wir ſogar zu, es ſei urplötzlich auf irgend eine, uns allerdings ganz unbekannte Weiſe jene Steigerung der Wärme eingetreten, und habe die 14% Waſſer, welche das Eiſenoxydhydrat enthält, ausgetrieben, ſo müſſen wir doch im Namen der ſtummen Fiſche einige Worte gegen dieſe Procedur ſprechen. Um jenes Waſſer nämlich auszutreiben, muß ſich die Wärme bis zur Glühhitze, wenigſtens weit über die Temperatur des ſiedenden Waſſers, ſteigern, denn nur in dieſem Falle läßt das Eiſenoxydhydrat ſein Waſſer fahren, das Waſſer hätte alſo als Dampf hervorbrechen müſſen, oder wenigſtens noch kochend, und da die Waſſermenge bis zur Bedeckung der höchſten Berge faſt dreimal ſo viel beträgt, als die auf der Oberfläche vorhandene, ſo hätte dieſes theils kochend, theils als Dampf hervorbrechend unſere ſämmtlichen Meere bedeutend erhitzen müſſen [3]). In Folge deſſen hätten die Waſſerthiere ſämmtlich abſterben müſſen, was nach dem moſaiſchen Berichte aber durchaus nicht der Fall war, denn Noah nahm dieſelben nicht mit in die Arche, umgekommen ſind ſie auch nicht, alſo müſſen dieſe während der Fluth forteriſtirt haben, wie dies auch allgemein von allen Exegeten angenommen wird.

Wollten wir aber auch davon wieder abſehen, ein uns durchaus unerklärliches und phyſikaliſch unbegreifliches Hervorbrechen der unterirdiſchen Waſſer im kalten Zuſtande zugeſtehen, ſo wird der Anwalt derſelben Fiſche, der ſie eben von dem Sieden retten wollte, ihnen doch das Leben in der Fluth nicht bewahren können. Die Fiſche und übrigen Waſſerbewohner erheben noch einmal einen unabweislichen Proteſt gegen eine ſolche allgemeine Fluth. Wir wiſſen nämlich, daß die Bewohner des geſalzenen Meeres und

des Süßwassers ganz entschieden nur auf salziges oder auf süßes Wasser angewiesen sind[4]). Meerthiere sterben in Landseen, die Bewohner dieser im Meere und selbst in den weniger gesalzenen Meeren und an den Stellen, wo Fluß- und Meerwasser sich mischt, finden sich gang besondere Formen. Nun mußte aber durch die allgemeine Fluth eine Vermischung sämmtlicher Wassermassen erfolgen, es existirte kein reines süßes Wasser mehr. Alle die Thiere, die reines süßes Wasser brauchen, mußten nothwendig zu Grunde gehen, das aus der Tiefe hervorbrechende Wasser mag nun gesalzen gewesen sein oder nicht, und war das letztere noch der Fall, war es ungesalzenes Wasser, so mußten auch alle die zu Grunde gehen, welche ein stark gesalzenes erfordern. Das ist aber nicht der Fall gewesen. Es kann also nicht wohl eine allgemeine Wasserbedeckung angenommen werden, weil dieselbe nothwendig eine allgemeine Wasservermischung zur Folge gehabt hätte und diese wieder ein massenhaftes Aussterben ganzer Ordnungen von Wasserthieren. Da diese Wirkungen fehlen, kann auch die Voraussetzung der sie bedingenden Ursachen nicht richtig sein.

Auch die Geologie im engeren Sinne führt uns Thatsachen an, welche nicht mit der Annahme einer allgemeinen Wasserbedeckung vereinbar sind. Der englische, schon oft erwähnte Geologe Lyell hat schon darauf aufmerksam gemacht, daß die lockeren Aschenkegel auf den alten Vulkanen der Auvergne, welche nach den zwischen ihren Lavamassen eingeschlossenen, theilweise von ihnen eingehüllten Thierresten entschieden vor dem Auftreten des Menschengeschlechtes, in der tertiären Periode, thätig waren, also vor der Sündfluth sich angehäuft haben, unfehlbar von den Wellen zerstört worden wären, wenn sie je unter Wasser gestanden hätten, gerade so, wie wir sehen, daß alle jene durch untermeerische Eruptionen aufgeschütteten, nur aus lockeren Massen bestehenden Inseln durch den Wellenschlag unserer Meere zerstört worden sind. Da diese steil aufgeschütteten Kegel noch jetzt unversehrt stehen, so können sie unmöglich von einer jedenfalls mit großer Gewalt hereinbrechenden Fluth umspült worden sein. Aehnliche Beobachtungen kann man auch an alten tertiären Vulkanen anderer Länder machen. Sie alle sprechen entschieden gegen eine allgemeine, alle Länder in der jetzigen Erdperiode überdeckende Fluth. Das ist aber noch nicht genug. Gehen wir weiter und betrachten wir die ferneren

Schwierigkeiten. Noah sollte alle Landthiere paarweise, von den reinen Thieren selbst sieben Paare, in die Arche bringen und die nöthige Nahrung für ein ganzes Jahr. Berechnen wir den Rauminhalt der Arche nach den angegebenen Maaßen — 300 Ellen Länge, 50 Ellen Breite, 30 Ellen Höhe — so ergiebt sich daraus der Kubikinhalt zu 450000 Kubikellen. So groß derselbe aber auch ist, so ist er doch unzureichend, sämmtliche Landthiere und das für dieselben nöthige Futter aufzunehmen, wie sogleich sich zeigen wird. Wir kennen gegenwärtig circa 2000 Säugethiere (Pöppig), darunter etwa 150 „reine Thiere" und 6500 Vögel. Nehmen wir außer den reinen Thieren nur 1800 Arten von Säugethieren an, so erhalten wir also folgende Anzahl der in der Arche enthaltenen Thiere aus diesen 3 Klassen $2 \times 1800$ unreine Säugethiere, $14 \times 150$ reine und $2 \times 6500$ Vögel, zusammen 18700 Thiere.*) Nehmen wir den sämmtlichen Kubikinhalt der Arche ohne allen Abzug und vertheilen ihn gleichmäßig auf die einzelnen, so kommt auf ein Thier 24 Kubikellen, also ein Raum von nicht einmal ganz 3 Ellen im Gevierte. Die hebräische Elle, nach der hier gerechnet wird, war aber nach Delitzsch die gemeine Elle, bestimmt durch die Länge von dem Ellenbogen eines Mannes bis zu seiner Handwurzel (nach 5. Mos. 3, 11), also ungefähr 1 Pariser Schuh. Es kommt also auf je ein Thier mit seinem gesammten Futtervorrathe nicht einmal ganz ein Raum von 3 Schuh Länge, 3 Schuh Breite und $2\frac{1}{2}$ Schuh Höhe. Nun sind hier noch gar nicht gerechnet sämmtliche Amphibien, Insekten u. s. f., die doch auch noch für sich und ihr Futter Raum brauchten[5]). Man sieht, daß, wie man auch die Sache betrachtet, immer ein enormes Mißverhältniß zwischen der Anzahl der unterzubringenden Thiere und noch mehr ihres Futtervorrathes auf ein ganzes Jahr zum Vorschein kommt, und alle Annahmen, daß die Thiere jung waren, in der Arche weniger gefressen haben mögen, machen die Unmöglichkeit nicht möglich[6]).

Aber auch vorausgesetzt, die Arche sei noch viel größer ge-

*) Wollen wir auch annehmen, man rechne jetzt noch viele Varietäten von Säugethieren als besondere Arten, wollen wir statt jenen 1800 Arten nur 1000 annehmen, so erhalten wir statt 18700 nur 17100 Thiere und als Durchschnittsraum für ein Thier $26\frac{1}{3}$ Kubikellen. Man gewinnt also nicht viel mit jener Annahme.

# Fünfundzwanzigstes Kapitel.

Die Sündfluth. Verschiedenheit derselben von dem Diluvium der Geologen. Die angeblich fossilen Menschenknochen. Naturhistorische Bedenken gegen die Allgemeinheit der Sündfluth. Beseitigung derselben, wenn man dieselbe als eine partielle Fluth annimmt. Konnten in der kurzen Zeit, welche seit ihr verflossen, alle Menschen der Erde von Einem Paare abstammen?

Gleichermaßen wie die Genesis berichten übereinstimmend die Sagen der Völker aller Continente, es habe einst eine große Fluth Statt gefunden, welche das ganze Menschengeschlecht bis auf eine Familie tödtete. Von dieser einen Familie stamme die jetzige Bevölkerung der Erde; nach der Genesis werden auch sämmtliche jetzt auf der Erde lebenden Thiere ebenfalls paarweise mit und durch den Menschen gerettet und so zu Stammältern der jetzigen Thierwelt. Man hat sehr häufig schon in den frühesten Zeiten über das Vorhandensein einer solchen Fluth naturhistorische Untersuchungen angestellt, aber bis auf den heutigen Tag ist noch gerade von dieser Seite wenig zur Beantwortung der sich hiebei dem Naturforscher aufdrängenden, oder ihm selbst aufgedrungenen Fragen geschehen. Halten wir uns an dem Bericht der Genesis (Gen. C. VII. u. VIII.), so heben wir zunächst daraus folgende, für die naturhistorische Untersuchung wichtige Punkte hervor:

1) Nach einem längeren Bestehen des Menschengeschlechtes trat eine Ueberschwemmung ein, welche die Erde bis über die höchsten Berge bedeckte und im Ganzen ein Jahr dauerte.

2) Alle Menschen kamen um mit Ausnahme einer Familie, der des Noah, welche in einem Fahrzeuge, der Arche, geborgen war.

3) Sämmtliche Landthiere wurden in einem, theilweise in sieben Paaren von Noah in die Arche genommen.

4) Die Organismen der Erde waren nach der Fluth die gleichen, wie vor derselben.

Diese wenigen Sätze geben uns zunächst ein Mittel an die Hand, eine leider nur allzuverbreitete, im hohem Grade irrthümliche Ansicht zu beseitigen, welche sehr üble Folgen nach sich gezogen und große Verwirrung verursacht hat. Es ist nämlich die, daß das Diluvium der Geologen gleich der Sündfluth sei, die Diluvialgebilde Spuren dieser Fluth, und die in jenen eingeschlossenen Reste von Pflanzen und Thieren Ueberbleibsel der durch die Sündfluth vernichteten Thiere und Pflanzen seien. Das Diluvium der Geologen hat aber mit der Sündfluth der Theologen ganz und gar nichts gemein, jenes war vor der Entstehung des Menschengeschlechtes, war von längerer Dauer, und auf einzelne Localitäten beschränkt, während die Sündfluth als ein historisches, lange nach der Entstehung des Menschen eingetretenes, kurz dauerndes, aber auf der ganzen Erde verbreitetes Ereigniß geschildert wird. Es findet sich auch nicht eine Species von Landthieren in den Diluvialgebilden, welche auch der jetzigen Periode angehört, alle sind specifisch von den gegenwärtig lebenden verschieden, können also unmöglich durch die Sündfluth getödtete Thiere sein, da sie sonst den jetzt lebenden gleich sein müßten. Das Diluvium bezeichnet eine geologische Periode, den Schluß der tertiären Formation, die Sündfluth ist ein historisches Ereigniß in unserer jetzigen Periode gewesen. Man hört nun wohl öfters von fossilen Menschenknochen sprechen, welche zugleich mit den Knochen der Thiere im Diluvium und mit diesen gemengt angetroffen werden und hat daraus den Schluß gezogen, daß der Mensch gleichzeitig mit jenen Thieren, also bereits in der Tertiärperiode, gelebt habe. Dieser Schluß ist jedoch durchaus ungerechtfertigt. Betrachten wir die Thatsachen, aus welchen man denselben gezogen, etwas näher und halten wir sie zusammen mit anderen, so muß er als durchaus unerwiesen angesehen werden.

Sehen wir zunächst auf die Localitäten, in welchen Menschenknochen angeblich oder wirklich gefunden wurden, so sind es bis jetzt nur einige Höhlen und Klüfte gewesen, in denen einzelne menschliche Gebeine angetroffen wurden. Nirgends sonst hat man dieselben in Diluvialgebilden angetroffen. Diese Thatsache führt sogleich zu der Frage, ob denn wirklich constatirt sei, daß 1) die Menschenknochen in der That zugleich mit jenen Thierknochen in jene Höhlen gebracht worden seien und 2) daß dieses in der Dilu-

vialzeit geſchehen ſei. Nur wenn dieſe beiden Fragen entſchieden und mit ja beantwortet werden müſſen, iſt jener obige Schluß gerechtfertigt. Nimmt man es genau mit der Beantwortung dieſer beiden Fragen, ſo wird man geſtehen müſſen, daß es kaum möglich ſein dürfte, bis jetzt wenigſtens noch nicht möglich war, Beweiſe für eine Bejahung derſelben beizubringen und deswegen ſind auch bei den Geologen, welche jene Höhlen unterſuchten, die Meinungen über das Alter der Menſchenknochen noch immer ſehr getheilt. Auffallend iſt es ſchon, daß nur in Höhlen jene Knochen mit ſolchen von Diluvialthieren angetroffen werden. Daß Menſchen vor den Fluthen Schutz in den Höhlen geſucht hätten, iſt ſehr unwahrſcheinlich, aber daß ſie ſich in denſelben verbergen vor Ihresgleichen, iſt ſehr häufig. Daß dieſelben zum Begräbnißplatze, zu Opferſtellen und zur Wohnung manchen alten Völkerſtämmen z. B. gerade in Südfrankreich dienten, iſt ebenfalls nachgewieſen, alſo Veranlaſſung genug, daß einzelne menſchliche Gebeine in den Boden, in welchem ſchon lange vorher jene Thierknochen waren, gebracht wurden und nun neben ihnen angetroffen werden. Es können aber auch noch durch heftige Waſſergüſſe die Höhlen in der jetzigen Periode überſchwemmt, der Boden aufgeriſſen worden ſein, wodurch ebenfalls jene alten Thierknochen mit neueren menſchlichen durcheinander gewürfelt und an einer anderen Stelle neben einander abgelagert wurden. Daß dieſelben in Höhlen unter einer Tropfſteindecke begraben ſind, iſt gar kein Einwurf gegen dieſe Erklärung; weil die Tropfſteinbildung noch heute vor ſich geht, und eine jetzt durchwühlte Höhle in 50 Jahren ſchon wieder eine Tropfſteinrinde über ihren Boden erhalten haben wird. Daß gerade in Kalkgebirgen ſehr leicht Aenderungen im Laufe des Waſſers möglich ſind, daß ſich höher gelegene Grotten mit Waſſer angefüllt, plötzlich in tiefer gelegene entleeren können, iſt eine Annahme, welche Jedem, der die Verhältniſſe der Kalkgebirge in's Auge faßt, durchaus nichts Befremdendes haben kann. Daß ſolche Ereigniſſe nicht Statt finden konnten, wird Niemand zu beweiſen im Stande ſein, ebenſo iſt es aber auch nicht leicht möglich, zu zeigen, daß ſie wirklich Statt gefunden haben. Wer alſo die Menſchenknochen in Höhlen durchaus als gleichalterig mit den Diluvialknochen anſehen will, kann es immerhin thun, aber nur kann man nicht behaupten, es ſei dieſe Annahme eine erwieſene Thatſache;

denn jene beiden oben angeführten Fragen lassen sich für keine der Höhlen, in denen man menschliche Gebeine fand, mit Entschiedenheit beantworten und so lange dieses nicht geschehen ist, bleibt eben jener Schluß ein ungerechtfertigter und die Theorie von dem Erscheinen des Menschen in der Diluvialzeit eine bloße Hypothese, der sämmtliche übrigen zweifellosen und klaren Beobachtungen entgegenstehen, nach welchen der Mensch das jüngste Geschöpf der Erde ist [1]).

Damit fallen denn auch alle die vermeintlichen Beweise hinweg, welche man für die Sündfluth finden wollte und welche nichts als Beweise für das Diluvium sind.

Sieht man sich nun nach anderen naturhistorischen Merkmalen für diese allgemeine Fluth um, so findet man keine, im Gegentheil sieht sich der Naturforscher gezwungen, zu erklären:

1) daß eine überall gleichzeitige allgemeine Wasserbedeckung der Erde, also die Sündfluth nach der bisher gewöhnlichen Auslegung des mosaischen Berichtes, *nicht* Statt gefunden haben könne und nicht Statt gefunden habe;

2) daß aber eine partielle, den damals bewohnten Theil der Erde betreffende Fluth sehr wohl eingetreten sein könne, daß einer solchen von Seite der Naturforschung durchaus keine Bedenken entgegenstünden.

Wir wollen diese beiden Sätze im Folgenden näher begründen und zuerst die naturhistorischen Zweifel gegen die Möglichkeit einer allgemeinen Fluth anführen. Nach Moses Bericht war die Fluth durch zweierlei natürliche Mittel hervorgerufen: 1) durch einen starken Regen, 2) das Oeffnen unterirdischer Wasserbehälter, welche in 150 Tagen eine Wasserhülle um die ganze Erde bildeten, die 15 Ellen die höchsten Berge überragte. Die Wassermasse, welche dazu nöthig ist, läßt sich leicht berechnen; man findet, daß dieselbe circa $^1/_{280}$ der ganzen Erdmasse bilden würde.

Was nun zunächst den Regen betrifft, so zeigt 1) die Physik, daß ein *allgemeiner*, auf der ganzen Erde gleichzeitig Statt findender atmosphärischer Niederschlag unter den jetzigen atmosphärischen Verhältnissen, die ja vor der Sündfluth schon existirten, unmöglich ist. Wir haben p. 419 die Bedingungen erörtert, unter welchen sich ein solcher bildet. Es entsteht derselbe nur dadurch, daß durch eine plötzliche Abkühlung eines Raumes, in welchem sich

die organischen Einschlüsse in derselben nachweisen, die Sündfluth also nur durch Schichten, in denen sich noch jetzt lebende Thiere fänden. Nun zeigen uns aber unsere Deltas deutlich, wie äußerst langsam sich Schichten von einiger Dicke bilden, wir können daher unmöglich erwarten, von einer einmaligen Ueberschwemmung, wenn sie auch noch so bedeutend war, Absätze zu finden, die jetzt, nach Jahrtausenden, noch nachzuweisen wären. Auch die Knochen der Thiere können wir nicht mehr anzutreffen hoffen, da sie nicht von dicken Massen begraben werden konnten, also längst durch die Verwitterung aufgelöst sein müssen. Nach G. Bischof's Versuchen *) braucht ein Knochen von 1 Zoll Dicke unter unseren Breiten, wenn man die Menge des jährlichen Regens zu 3 Fuß annimmt, circa 3—400 Jahre zur vollkommenen Auflösung. Daß wir daher jetzt, nach circa 4000 Jahren, keine Knochen mehr zu finden erwarten dürfen, wird demnach wohl Jedem einleuchten. Jedenfalls hat man auch in den Gegenden, welche aller Wahrscheinlichkeit nach der Wohnsitz der ersten Menschen und der Schauplatz der Sündfluth waren, noch keine genauen Nachforschungen über allenfalls noch vorhandene Spuren derselben angestellt.

Ob aber diese Auffassung der Sündfluth als einer partiellen, nur die damals bewohnte Erde treffenden Ueberschwemmung mit der Genesis in Einklang zu bringen sei, das ist eine Frage, welche den Exegeten allein überlassen werden muß. Einer der neuesten Erklärer derselben, Fr. Delitzsch, gesteht dieses zu. „Gesetzt, daß die Geologie Beweise gegen die schlechthinige Allgemeinheit der Fluth bis zu unwiderleglicher Ueberzeugungskraft zu steigern vermöchte, so besteht für uns keine apologetische Verpflichtung, das Gegentheil wie einen Glaubenssatz zu bejahen. Die Aussage der Schrift fordert Allgemeinheit der Fluth in gewissem Sinne, aber nicht in jedem, Allgemeinheit der Fluth für die Erde als bewohnte, aber nicht für die Erde als solche. Denn die Schrift hat kein Interesse an der Allgemeinheit der Fluth an sich, sondern nur an der Allgemeinheit des durch sie vollzogenen Gerichts. Daß bis auf Eine Familie das ganze damalige Menschengeschlecht sammt der Thierwelt in seiner Umgebung vertilgt ward, das, und nur das ist die Schriftaussage ..." **).

*) Bischof a. a. O. I. 734.

**) Fr. Delitzsch, die Genesis. II. Aufl. 255.

Es würde einem Naturforscher schlecht anstehen, sich darüber mit einem Theologen in einen Streit einzulassen, und wer mit dem Verfasser auch dem Theologen kein maßgebendes Urtheil in naturhistorischen Dingen einräumt, muß sich doppelt hüten, über eine rein exegetische Frage ein solches sich anzumaßen, und es den Theologen überlassen, die Zuverlässigkeit der obigen Mittheilung vom exegetischen Standpunkte aus zu prüfen.

Einen Gegenstand wollen wir hier noch zum Schlusse berühren, der schon oft als unverträglich mit dem mosaischen Berichte zur Sprache gebracht wurde und neuerdings ebenfalls wieder von C. Vogt in seiner bekannten leichtsinnig absprechenden Weise; nämlich die Ausbreitung des Menschengeschlechtes nach der Fluth, und die Entstehung der verschiedenen Racen. 500 Jahre nach der Fluth sei Aegypten schon ein Staat gewesen, hätten die Aegypter schon die noch jetzt an ihnen bemerkliche Raceneigenthümlichkeit erkennen lassen; zu Beidem sei diese Zeit zu kurz gewesen. Was zunächst den letzteren Punkt betrifft, so haben wir schon im vorigen Kapitel erwähnt, wie uns durch die Erfahrung kein Anhaltspunkt gegeben werde, die Zeit zu bestimmen, innerhalb welcher eine Aenderung in der physischen Beschaffenheit eines Stammes, der unter andere Einflüsse gebracht werde, erfolge. Wir müssen hier noch einmal darauf aufmerksam machen, daß wir durchaus nicht berechtigt sind, aus den jetzigen Verhältnissen der Zähigkeit in Beziehung auf das Festhalten gewisser Eigenthümlichkeiten einen Schluß auf diese in den früheren Perioden, in den ersten Zeiten des Menschengeschlechts, zu ziehen. Man wird es nicht als unwahrscheinlich bezeichnen können, daß jetzt diese Verschiedenheiten den einzelnen Menschen fester anhaften, wo sie seit Jahrtausenden ausgebildet sind, als in den frühesten Zeiten, in welchen sie erst entstanden. Jedenfalls ist es eine ganz ungerechtfertigte, jedes naturhistorischen Beweises ermangelnde Behauptung, es sei nicht möglich, daß sich in jenem Zeitraume die Aegypter so eigenthümlich entwickelt hätten.

Was den zweiten Punkt, die Vermehrung der Menschen in jenen fünf Jahrhunderten betrifft, so ist es mathematisch leicht nachweisbar, daß die Menge derselben sehr wohl in 500 Jahren schon hinreichte, mächtige Staaten zu bilden, ohne daß man eine übermäßige und unbegreifliche Vermehrung der Bevölkerung annehmen muß. Nehmen wir dieselbe z. B. zu 3% jährlich an, so

zeigt eine einfache Rechnung, daß von einem Paare in 500 Jahren etwas mehr als 8½ Millionen Menschen abstammen können. In Nordamerika nimmt gegenwärtig die Bevölkerung in demselben Grade zu, und wenn schon die Einwanderung dieselbe erhöht, so ist es doch keine unmögliche Annahme, daß in den früheren Zeiten bei den günstigeren Lebensbedingungen die junge Menschheit selbst ein noch etwas günstigeres Verhältniß darbot. Würden wir z. B. 3½% als Wachsthum derselben annehmen, so würde von einem Paare in 500 Jahren bereits 59 Millionen entsprungen sein; von den drei Söhnen Noah's in dieser Zeit schon 180 Millionen Menschen abstammen [7]).

Man sieht daraus wenigstens so viel, daß von Seite der Naturforschung auch in dieser Beziehung die Möglichkeit nicht beanstandet werden kann, daß in der angegebenen Zeit die wahrscheinlich nach derselben vorhandene Bevölkerung wohl als Nachkommen jener drei Paare, die unmittelbar nach der Fluth lebten, angesehen werden können. Auch in diesem Falle ist die Frage, ob es auch wirklich so gewesen sei, nicht von dieser Wissenschaft zu entscheiden. Historische und archäologische Untersuchungen haben dieselbe zu bejahen oder zu verneinen. Der Naturforscher begnügt sich, die Möglichkeit oder Unmöglichkeit einer in sein Fach einschlagenden Ueberlieferung, soweit dieselbe naturhistorische Fragen berührt, nachzuweisen, damit ist seine wie die Aufgabe dieser Blätter beendet.

## Anmerkungen und Erläuterungen zum fünfundzwanzigsten Kapitel.

1) zu S. 649. Frankreich, Belgien und Brasilien sind diejenigen Länder, in welchen man häufiger Menschenknochen in Höhlen angetroffen hat. Auf die Schilderung der Verhältnisse einzugehen, unter welchen sich jene Knochen in den Höhlen dieser Länder fanden, würde viel zu weit führen. Es genüge, daß nirgends dieselben zu der Annahme zwingen, daß jene Menschenknochen gleichzeitig mit jenen Thierknochen in der Diluvialzeit abgesetzt worden seien. Auch die in der neuesten Zeit in Spalten des Kalksteines und in Bohnerz in Würtemberg gefundenen Menschenzähne geben gar keinen Anhaltspunkt zur Bestimmung des Alters derselben. Giebel hat die Einschwemmung von jetzt lebenden Säugethierknochen in Klüfte der Kalkgebirge, in welcher schon tertiäre Knochen sich befanden und zu diesen, so daß sie gleichzeitig mit ihnen abgelagert erschienen, beobachtet, und erklärt deswegen um so eher die Möglichkeit, daß auch jene Zähne zufällig an jene Fundorte gekommen seien. Auch ist namentlich das Alter des Bohnerzes durchaus nicht festgestellt und auch die Umstände, unter welchen sich jene Zähne, die nur von Arbeitern gefunden wurden, durchaus nicht genau bekannt (cfr. Giebel, Zeitschrift für die ges. Naturwiss. 1853, p. 122). Was jene von Spring bei Namur aufgefundenen Knochen betrifft, so lagen dieselben in einer 5 Meter tiefen, $1\frac{1}{2}$ Meter breiten Spalte, welche sich seitlich von einer Höhle in dem Kalksteine hinabzieht, deren Eingang noch dazu durch einen Block verengt war. Den Boden bedeckt zuoberst eine Lehmschichte, darunter kommt eine Tropfsteinschichte mit Rollsteinen, rechts steht eine Knochenbreccie von 15 Centimeter, also von $5\frac{1}{2}$ Zoll Dicke, in der ohne alle Ordnung Knochen von Menschen, Hausthieren, Hirschen, Auerochsen, Hasen, Vögeln ꝛc. durcheinander liegen, meist in Stücken und sehr zerbrechlich, namentlich sind die Schädelknochen stets zerbrochen, doch sollen sie viel mehr an Neger und Indianer Nordamerika's in ihrem Baue erinnern. Darunter folgt nun wieder eine Stalactitenrinde und abermals eine aus ganz unkenntlichen Knochenfragmenten gebildete Breccie. Das sind nun diese Erscheinungen, aus welchen Vogt das Vorhandensein einer primitiven Urrace in Belgien schließen zu dürfen glaubt. Herr Vogt ist doch sonst so kritisch, freilich darf er es in dem, was seine haltlose Theorie stützen soll, nicht sein, sonst würde es ihr gänzlich daran fehlen; er hat klüglich diese Verhältnisse alle verschwiegen, weil sonst jeder Unbefangene augenblicklich einsehen würde, daß derartige Erscheinungen durchaus nicht geeignet sind, einen Beweis für die Annahme vorsündfluthlicher Menschen zu liefern.

2) zu S. 652. Die Wärmemenge, welche durch Verdichtung von Wasserdampf zu Wasser frei wird, bestimmt man dadurch, daß man diesen Dampf, dessen Temperatur man vorher bestimmt hat, in kaltes Wasser strömen läßt, wo er sich verdichtet, und dabei seine Wärme an das Wasser abgiebt. Man hat so gefunden, daß 1 ℔ Wasserdampf von $100^0$ Wärme bei seiner Verdichtung so viel Wärme frei werden läßt, daß 5,40 ℔ Wasser von $0^0$ auf $100^0$, oder 540 ℔ um $1^0$ erwärmt werden. Die bei gewöhnlichen Regen während der Verdichtung des Wasserdampfes frei werdende Wärme theilt sich sogleich wieder der Luft mit; es wird daher auch sämmtliche Wärme, welche durch die intensive Regenbildung bei der Sündfluth überall in der ganzen Atmosphäre gleichzeitig Statt gefunden haben soll, sich ebenfalls in derselben vertheilt haben. Die Wärmemenge, welche nöthig ist, um 1 ℔ Wasser um $1^0$ zu erwärmen, nennt man Wärmeeinheit. Aus dem obigen Beispiele sieht man, daß die aus 1 ℔ Dampf durch Condensation frei werdende Wärmemenge 540 Wärmeeinheiten beträgt. Ist die Temperatur des Dampfes $10^0$, so hat derselbe also $540 + 10^0$ Wärmeeinheiten, d. h. 550. Ein Kubikfuß Wasser wiegt 66 ℔; nach unserer Annahme, daß täglich 1 Fuß hoch Regen fiel, der Wasserdampf, aus dem er sich bildete, vorher $10^0$ Wärme hatte, wurde also in je 24 Stunden über jedem □Fuß der Erdoberfläche $66 \times 550$, d. i. 36300 Wärmeeinheiten frei. Ueber jedem □Fuß der Erde befindet sich aber, wie wir mittelst des Barometers wissen, eine Luftsäule, welche 2592 ℔

schwer ist. Wäre die Luft ebenso schwer zu erwärmen, als Wasser, so hätten jene 36300 Wärmeeinheiten die 2592 ℔ Luft um $^{36300}/_{2592}$, d. i. um 14° höher erwärmen müssen. Nun ist aber die Fähigkeit erwärmt zu werden für die Luft circa viermal so groß, als für das Wasser (genauer 0,267), d. h. die gleiche Menge Wärme, welche hinreicht, um 1 ℔ Wasser um 1° zu erwärmen, steigert die Temperatur von 1 ℔ Luft um 4°. Die Temperatur der Luft muß daher um $4 \times 14$, d. h. um 66° erhöht worden sein. Ganz genau ist dieses Resultat insoferne nicht, als es nur für die Luft gilt, wenn sie dem gewöhnlichen Atmosphärendruck ausgesetzt ist; weniger dichte, d. h. stärker ausgedehnte Luft braucht mehr Wärme; insoferne ist jenes Resultat etwas zu hoch, indem die oberen Luftschichten ja immer dünner und dünner werden; etwas wird aber dieser Fehler der Berechnung dadurch ausgeglichen, daß unter der Voraussetzung des allgemeinen Regens auch an der Oberfläche der Erde, wie wir oben sahen, ein fünffach stärkerer Druck herrschen mußte, hier also weniger Wärme nöthig war, um die gleiche Erhöhung der Temperatur hervorzurufen.

[3]) zu S. 653. Das Eisenoxydhydrat enthält dem Gewichte nach 14% chemisch gebundenes Wasser; wenn die Temperatur desselben nicht wenigstens über den Siedepunkt des Wassers erhitzt wird, entweicht auch nicht ein Atom desselben; um es völlig auszutreiben, muß man es stark glühen. Setzt man es daher einer hohen Temperatur aus, so entweicht das Wasser als Dampf. Nehmen wir nun auch an, diese Dämpfe, die kalte Erdrinde durchdringend, hätten sich im Anfange stark abgekühlt, so wären in der kürzesten Zeit die Spalten, durch welche das Wasser mit großer Gewalt hervorbrechen mußte, so erhitzt gewesen, daß die Dämpfe als solche hätten an die Oberfläche und in das Wasser gelangen müssen. Denn wie wir in Anm. 2 dieses Kapitels auseinandergesetzt haben, ist die latente Wärme der Wasserdämpfe, welche durch ihre Condensation frei wird, so bedeutend, daß sie in der kürzesten Frist so viel beträgt, um die fünffache Menge Wasser von 0° bis zum Sieden zu bringen. Die Gesteine brauchen aber selbst noch weniger Wärme, als Wasser, um sich gleich stark wie dieses zu erhitzen. Dazu kommt noch, daß die Entwicklung der Wasser aus der Tiefe sehr rasch von Statten gegangen sein muß, indem, wie wir sahen, durch das von innen hervorbrechende Wasser das Niveau der Fluth stündlich etwa um 6 Fuß steigend anzunehmen ist. Durch eine so rasche Condensation dieser ungeheueren Dampfmassen müßte die der Menge nach selbst viel geringere Wasseransammlung auf der Oberfläche unfehlbar zum Sieden gebracht worden sein, um so mehr, als, wie wir sahen, durch den Regen ebenfalls eine ungeheuere Menge Wärme frei werden mußte. Will man aber, um dieser Schwierigkeit zu entgehen, allenfalls annehmen, daß die Menge des Regens eine viel bedeutendere war, als wir oben angenommen haben, so häufen sich diejenigen, welche wir oben gegen die Regenbildung angeführt haben; denn dann wird auch der Druck der Atmosphäre vor dem Eintritt der Sündfluth noch bedeutender; mit jedem Fuß, den wir für das tägliche Wachsen des Wassers dem Regen beilegen, um ihn bei den unterirdischen Wassern zu ersparen, müssen wir den Druck der Atmosphäre um das Fünffache des jetzigen steigern! Was wir auf der einen Seite zu gewinnen hoffen, verlieren wir daher immer wieder auf der andern.

[4]) zu S. 654. Die wenigen zur Laichzeit in die Ströme aus dem Meere heraufgehenden Fische kommen hier als einzelne Ausnahmen nicht in Betracht. Die ungeheuere Mehrzahl der Fische verlangt entweder rein süßes, oder gesalzenes Wasser, ist nicht im Stande in beiden zu leben.

[5]) zu S. 655. Wollte man auch zugeben, daß viele derselben in Eiern und Larven aufbewahrt geblieben sein, die bei weitem größte Mehrzahl der jetzt lebenden würde, von Wasser längere Zeit bedeckt, auch in diesem Stande zu Grunde gegangen sein.

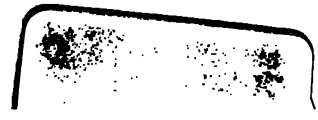
[6]) zu S. 655. Man hat $^9/_{10}$ des gesammten Raumes der Arche für die Aufbewahrung des Futters abgerechnet, was eher ein zu geringer Abzug ist, wenn man bedenkt, daß die Mehrzahl der Thiere auf Pflanzenkost angewiesen war, die einen bedeutenden Raum einnehmen mußte, wenn sie auf ein ganzes

volles Jahr reichen soll. Wir könnten dies leicht an einem Beispiele nachweisen. Man rechnet (cfr. Veit, Lehrbuch der Landwirthschaft, p. 341, 347 ꝛc.), daß Rindvieh, welches Arbeit leisten soll, täglich 3 ℔ Heu auf je 100 ℔ seines Gewichtes bedarf, daß es aber bei 2 ℔ noch bestehen kann. Wir wollen das Gewicht der Rinder zu 8 Ctr. annehmen, so brauchte eines während seines Aufenthalts in der Arche täglich 16 ℔ Heu, also in 360 Tagen 5760 ℔ oder circa 57 Ctr. 1 Ctr. Heu nimmt aber einen Raum von 24 Kubikfuß ein, jene 57 Ctr. also einen von 1368 Kubikfuß. Nehmen wir diese als $^9/_{10}$ des Raumes, der dem Thier selbst zukam, so käme auf dieses gerade $^{1368}/_9$, d. i. 152 Kubikfuß oder ein Raum von 7 Fuß Länge, 5 Fuß Höhe und $4^1/_3$ Fuß Breite (da $7 \times 5 \times 4^1/_3 = 153$ ist). Man sieht daraus, daß jene Annahme nicht zu hoch ist, d. h. daß man nicht zu viel für den Futterbedarf abgezogen hat, wenn man $^9/_{10}$ für denselben abrechnet, indem ein Rind offenbar jenen Raum, $^1/_9$ des für das Futter gerechneten, nicht braucht, das Futter mehr als 9mal soviel Raum nöthig hat. Wagner meint zwar, die Thiere würden wenig gefressen haben, das mag wohl für die erste Zeit der Fall gewesen sein, ein ganzes volles Jahr aber ist es nicht möglich; was sie anfangs vor Schrecken weniger fraßen, werden sie später wohl nachzuholen gesucht haben und wenn sie auch am Anfange klein waren, so sind sie wohl, wie alle Landthiere, rasch groß geworden, da sie ja ein volles Jahr in der Arche waren. Rechnen wir also $^9/_{10}$ für das Futter ab, so bleiben uns von jenen 540000 Kubikellen $^1/_{10}$, d. i. 54000 für sämmtliche Thiere übrig; nehmen wir an, es seien nur 10000 Thiere in der Arche gewesen, so kommt dann nur $5^4/_{10}$ Kubikellen Raum auf eines derselben.

[7]) zu S. 662. Nach den Formeln über die Zinseszinsrechnung lassen sich diese Verhältnisse sehr leicht berechnen. Gegenwärtig ist die Zunahme der Bevölkerung in den verschiedenen Ländern außerordentlich verschieden, in manchen ist sie nicht einmal ganz 1%, in anderen 2, in Nordamerika 3, wobei allerdings die Einwanderer mitgezählt sind. Da wir keine statistischen Notizen über Geburten und Todesfälle aus jenen frühen Zeiten haben, so können wir auch nicht bestimmen, wie das Verhältniß sich früher gestaltete. Es wird aber Jeder die Annahme nicht unzulässig finden, daß in den ersten Zeiten der Menschheit die Verhältnisse natürlicher und für die Vermehrung der Bevölkerung günstiger waren, als in unseren übervölkerten Staaten mit größtentheils physisch herabgekommenen Bewohnern, in denen oft die Hälfte aller Geborenen nicht ein Jahr alt wird. Es läßt sich, wie gesagt, mathemathisch nachweisen, daß von Einem Paar in 500 Jahren $8^1/_2$ Millionen Menschen abstammen konnten, von den drei nach der Sündfluth vorhandenen also über 25 Millionen, wenn man für die Vermehrung 3% annimmt. Der Leser mag daher selbst urtheilen, welchen Grund Vogt's Behauptung habe, daß dieses sogar für Ratten und Mäuse eine unerhörte Fruchtbarkeit voraussetze. Zu welchen Resultaten die anderen Behauptungen Vogt's führen, dafür kann uns ebenfalls diese Rechnungsart einen Beweis liefern. Vogt meint, nicht mehrere, sondern Hunderte von Stammpaaren hätten existirt und von einer Sündfluth will er auch nichts hören. Wollen wir aber nur 100 Paare annehmen, Herr Vogt wird schon, da es zu seinem Vortheil gereicht, mit sich handeln lassen, nehmen wir ferner die gewöhnliche Rechnung für das Alter des Menschengeschlechts an, 6000 Jahre, so findet man, daß selbst bei einer Annahme von nur $^3/_{10}$% Zunahme der Bevölkerung für diese Zeit nicht weniger als 12636 Millionen Menschen gegenwärtig leben müßten, während man nur den zehnten Theil jetzt wirklich auf der Erde findet. Herr Vogt wird nun freilich gegen diesen unwillkommenen Schluß einwenden wollen, es seien alle derartige Berechnungen mißlich, die nach den jetzigen Verhältnissen angestellt seien, was wir innerhalb gewisser Grenzen gerne zugestehen wollen, obwohl wir hier nicht einmal ganz $^1/_3$% bei unserer Rechnung angenommen haben; allein da er selbst bei seinen Einwürfen gegen die Vermehrung Eines Paares in 500 Jahren keine anderen als die jetzigen angenommen hat, so wird er auch uns erlauben, dieselben Verhältnisse an seine Theorie zur Prüfung derselben anzulegen. Zu welchen Resultaten diese

Prüfung führt, zeigen jene Zahlen, welchen Werth man daher dieser Annahme Vogt's von Hunderten von Stammpaaren beilegen kann, wird Jeder leicht bemessen können. Herr Vogt selbst wird wohl keinen so großen Werth darauf legen, er ist nicht arm an derartigen Hypothesen, auf eine mehr oder weniger zur Stützung seiner Theorie wird es ihm nicht ankommen, so ist denn gar nicht zu bezweifeln, daß ihn auch dieser Einwurf weiter nicht geniren wird.

## Druckfehler.

Seite 7, Zeile 12 von unten lies c statt c.
„ 22, „ 15 „ „ „ ihm statt hm.
„ 62, „ 3, Anmerk. 6 lies stellte Gensanne zu Giromagny statt „stellte Giromagny."
„ 94, „ 22 von oben lies Kiranea statt Kiranea.
„ 197, „ 15 „ „ „ Cl. Ptolemäus statt A. Ptolemäus.
„ 245 fehlt in der letzten Kolumne die Masse Jupiters: $^1/_{1047}$.
„ 251, Zeile 2 von oben lies S statt 5.
„ 316, „ 23 „ „ „ $SiO^3$ statt $SO^3$.
„ 350, „ 3 „ „ „ 12,5 statt 15,5.
„ 395, letzte Zeile lies Gergovia statt Hergovia.
„ 405, Zeile 8 von unten lies Ramificationen statt Camifications.

Druck von Kohler & Teller in Offenbach a. M.